

المجلد 21 - العدد 12
ديسمبر (كانون الأول) 2005

SCIENTIFIC
AMERICAN

December 2005

مجلة
العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك الأمريكية
تصدر شهرياً في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

هل كانت الأرض باردة في بداية تكونها؟

العدد 212 - السعر: 1,500 دينار كويتي



تقرير خاص

مستقبل الخلايا الجذعية



الغاز الكتلة



أوجه المريخ المتعددة

كشّاف مقالات العلوم
1986 - 2005

«مجلة العلوم» تصدر شهرياً في الكويت منذ عام 1986 عن «مؤسسة الكويت للتقدم العلمي» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والتحصاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. «مجلة العلوم» هي في ثلاثة أرباع محتوياتها ترجعاً لـ «ساينس فيك أوريكان» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسمى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكن القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقنية وتوفير معرفة شمولية للقارئ، التخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «ساينس فيك أوريكان» بثمانية عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة واستخدامها القيم للصور والرسوم الملونة والجداول.

ترجمة في مراجعة

المقالات

أوجه المريخ المتعددة
A. P. H. كريستينسن
خضر الأحمد - محمد سليمان



4

على سطح المريخ، وجدت مركبة جواله صحراء قديمة، ووجدت مركبة أخرى عالما كان مائيا في وقت ما. إن التنوع على سطح المريخ يضاهي مثيله على سطح الأرض.

الغاز الكتلة
G. K. كين
بسام المعصراني - أحمد باشا



12

يجد الفيزيائيون في البحث عن جسيم مراوغ يمكنه أن يكشف عن وجود نوع جديد من الحقول (حقل هيگنز) ينتشر في الوجود المادي كله. فوجود هذا الحقل سيوفر فهماً أكمل عن الكيفية التي يعمل بها الكون.

هل كانت الأرض باردة في بداية تكونها؟
W. H. فالسي
جان خوري - عبد القادر عابد



20

ربما لم يتشبع كوكبنا بالصهارة على مدى نصف البليون سنة الأولى منذ نشأته. فتشكّل المحيطات وطلّانق القارات ويزوغل الحياة قد يكون أبكر كثيراً مما نعتقد.



عدنان الحموي
هاني رزق
برهان العابد
عمر الملوك

28 تقرير خاص

مستقبل الخلايا الجذعية

تعد الخلايا الجذعية بمعالجات خيالية، ولكنها تطرح أيضا أسئلة عويصة. ويمثل هذا التقرير دليلا أساسيا للقضايا المحورية العلمية منها والتجارية والسياسية.

29 رسالة من المحررين

30 «أم الخلايا» كافة

يأمل العلماء تحقيق فوائد ضخمة من سبل الأبحاث على الخلايا الجذعية الجنينية. ولكن قد ينقضي جيل بكامله قبل أن تصبح الفائدة ملموسة. <C> كوكسون

32 الخيمرات البشرية - الحيوانية

<A> ريني

34 ملوثة ومائتة، ولكن مصادق عليها أمريكيا

<Ch> سورز

35 القرينة الاستنساخية

<C> كوكسون

36 عمال التصليح من داخل الجسم

قد تنجو الخلايا البالغة من الجدل الأخلاقي الذي يدور حول الخلايا الجذعية الجنينية، بيد أن أهميتها السريرية العملية مازالت شديدة الغموض. <Ch> سورز

38 أيها المريض، اشف نفسك

39 إنتاج خلايا جذعية عند الطلب

40 خليط من القوانين

يندر الإجماع في الرأي بين مختلف البلدان حول نوع الممارسة التي يجب أن يسمح بها فيما يتعلق بالمعالجة القائمة على الخلايا الجذعية. وهذا على الرغم من المحاولات العديدة للوصول إلى اتفاق في هذا الشأن.

41 موقع المواجهة القادمة: قاعة المحكمة

<P> والدمايير

42 الهندسة إلى جانب الأخلاق

<G> ستكس

44 عدد كبير من مقاربات الخلايا الجذعية

<S> بيردسلي

46 الخلايا الجذعية شرقا ... وغربا

أوجدت الصين والمملكة المتحدة ظروفًا تنظيمية وأخلاقية واعدة عموما، مقترنة بأسس بحثية متينة. <C> كوكسون

48 مناورة كاليفورنيا

أطلقت ولاية كاليفورنيا رهانا قيمته ثلاثة بلايين دولار على علوم الخلايا الجذعية، لكن بعض البيولوجيين قلقون من أن هذه المبادرة قد تشتت الجهود. <W.W> كيبس

50 العلميون يتبعون المال

51 شبح «لايسينكو»

تحذير من تكاليف القيود اللاعقلانية <A> ويسمان

52 تزايد معاناة صناعة جديدة

تتابع شركات الخلايا الجذعية الناشئة القيام بأكثر الأبحاث تقدما مع قلقها الدائم حول التمويل، الذي يحافظ على بقاياها.

52 الشركة ES Cell International

شركة طموحة في سنغافورا تحقق «موجودية مميزة». <A> بورتز

52 الشركة Geron

كانت هذه الشركة مرموقة في مجال براءات الاختراع، ولكنها تهتم حاليا بإنتاج معالجات جديدة. <V> كريفيث

53 الشركة Stem Cell Sciences

خلال عقد من الزمن صارت هذه الشركة على المستوى العالمي الأقوى في مجال الخلايا الجذعية، بعد أن كانت مجرد «شركة افتراضية». <C> كوكسون

54 الشركة Advanced Cell Technology Holdings

تستمر هذه الشركة في تسجيل حضور يفوق وزنها، بعد أن استتارت معركة سياسية حول الاستنساخ العلاجي البشري. <V> كريفيث

55 خلية عصبية على المستثمرين

إن المضاربين VCs حذرون من أن يستثمروا في شركات قد لا تضمن مخاطر العلم فيها مورداً مجزياً باستمرار. <N> موران

57 البحث عن خلايا شافية

يدعو مستنسخ النعجة «دولي» المجتمع إلى تجاوز الجدل حول اشتقاق خلايا جذعية من الأجنة البشرية تحقيقاً للفائدة المتوقعة من ذلك. <A> ويلموت

أوجه المريخ المتعددة^(*)

على سطح المريخ، رصدت مركبة جواله صحراء قديمة العهد،
ورصدت مركبة أخرى عالما كان مائيا. إن التنوع على
الكوكب الأحمر يضاهي التنوع على الكرة الأرضية.

R. Ph.D. كريستين

المفصل للمريخ أمرا مستحيلا. وعلى مدى عمري الذي عشته، تحول
الكوكب الأحمر من نقطة في السماء الليلية إلى أرض تضم براكين
شاهقة، وقيعان أنهار جافة، وبحيرات قديمة، وسهولا حممية تذروها
الرياح. من الواضح أن للمريخ واحدا من أروع تواريف النظام
الشمسي. ومع ذلك لم يستطع العلماء عمل أكثر من تجميع مسودة
لتخوم هذا التاريخ. وعلى مدى سنوات، دار بيننا جدال حول مسائل
معقدة: هل كان المريخ في وقت ما «دافئا ورطباً» وشبهها بأرضنا، أم
كان «باردا وجافا» وقاحلا مثل القمر؟ كما لو كانت قصة عالم
كامل يمكن اختصارها إلى عبارة موجزة.

ومع ذلك، فقد دخلنا خلال العقد الماضي الحقبة الثالثة
العظمى لاستكشاف المريخ، وهي التي أعقبت حقبتين تميزتا
بأرصاء القرن التاسع عشر المقرائية، واستعمال السفن الفضائية
الأولى لريادة الفضاء في ستينات وسبعينات القرن الماضي. وقد
رسمت بعثات السفن المدارية والجوال الحديثة التي أرسلت إلى
الكوكب، طوبوغرافيته، وحددت معادته، وصورت سطحه بتفصيل
كاف لتفسير عملياته الجيولوجية، ثم مزجت البيانات المدارية
بحقائق الأرصاد الأرضية. وأخيرا أصبح المريخ مكانا يمكنني
سرد قصته من خلال دراستي الجيولوجية لصخوره ومعادته
وأشكال الأرض فيه.

إن ما اكتشفناه هو أن المريخ تعرض عبر تاريخه لعمليات
وظروف بالغة التنوع. وقد احتضن المريخ، الذي نحن بصدد تعرفه،
بيئات مختلفة: من جفاف كامل، إلى رطوبة شديدة، إلى التحاف
بدثار من ثلج وجليد. ولم تعد التعبيرات البسيطة مناسبة. وبدلا من
أن نسأل: «دافئ» أم «بارد»؟، نسأل: كم هو دافئ؟ كم هو رطب؟
وعلى مدى كم من الزمن؟ وأين؟ وتركز الإجابات الشافية عن هذه
الأسئلة، على ما يجذب كثيرا منا لدراسة الكوكب الأحمر، وبخاصة
احتمال وجود حياة عليه، الآن أو فيما مضى.

(*) العنوان الأصلي: THE MANY FACES OF MARS

(**) Overview: Martian Oddities

(1) solidified lava

(2) silty mudstones

(3) quartzite، صخر متحول حبيبي يتكون من الكوارتز.

(4) نمط سطحي على المواد الرسوبية غير المتماسكة، خصوصا الرمل السائب،
يتألف من حبيبات وحزوز متناوبة تنشأ عن تأثير الرياح أو الماء. (التحرير)

يتوجه كثير من الناس إلى الصحاري لبساطتها وخلانها،
لكنني أذهب إليها لتعقيدها. فصخور غرب الأريزونا، حيث أعمل،
تكشف عن أكثر التواريف تعقيدا على الأرض. وتبين طبقات
الأحجار الجيرية الكربوناتية، والأحجار الطينية السلتية⁽¹⁾، ورمل
الكوارتز، والحمم البركانية (اللابة) المتصلبة⁽²⁾، أنه على مدى
الستمئة مليون سنة الماضية، كانت هذه المنطقة بحرا دافئا
ضحلا، ثم صارت مستنقعا موحلا، ثم صحراء مترامية الأطراف
ذات كثبان رملية برّاقة، ثم صفيحة جليدية شديدة البرودة، ثم
أصبحت بحرا ضحلا مرة أخرى. وقد كوّنت البراكين الثائرة
جزرا مثل اليابان، التي دُفعت بدورها 100 ميل إلى اليابسة على
طول صدوع ضخمة، وهذا أدى إلى إمالة طبقات الصخور على
حافتها صاهرا لها، ليتولد الرخام والكوارتزيت⁽³⁾. وفي النهاية
أنتج نتوء القشرة الأرضية وعوامل الحت erosion، هذه الصحراء
الشاسعة التي نراها اليوم.

ولمدة طويلة، اعتبر هذا النمط من إعادة التكوين التاريخي

نظرة إجمالية/ غرائب مريخية^(**)

- ظلت المركبتان سبيريت وأبورتينيوتي تجولان في أرجاء المريخ طوال سنة ونصف، في حين رسمت ثلاث سفن مدارية طوبوغرافية الكوكب وحددت مكوناته المعدنية بدقة لم تكن متيسرة حينذاك إلا للقياسات الأرضية.
- قبل هاتين البعثتين، كانت الأدلة الأساسية على وجود سابق للماء على المريخ تستند إلى أشكال تضاريسه (أشكال الأرض فيه). ومع أن هذه التضاريس موحية، لكنها غامضة. أما الآن، فالأدلة الأساسية تعدينية (وجود أكاسيد الحديد وأملاح الكبريتات)، و«تسيجية» textural (وجود كريات، وعلامات التيم ripples⁽¹⁾ في صخر الأساس)، مما لا يدع مجالا للشك في أن موقع هبوط أبورتينيوتي قاع بحيرة قديمة.
- ومع ذلك، فإن التاريخ الجيولوجي للكوكب شهد تغيرات هائلة، ومن الغريب أن تكون هذه التغيرات متعلقة بالمكان والزمان. فننادرا ما شهد معظم الكوكب قطرة ماء؛ وحتى الموقع الذي هبطت فيه المركبة أبورتينيوتي، مر بفترات جفاف طويلة الأمد. وثمة معالم جيولوجية أخرى مثل البراكين، تختلف أيضا فيما بينها اختلافات غير متوقعة.



شروق الشمس على البقعة المسماة أرابيا تيرا Arabia Terra، عند النظر شرقاً تجاه يوتوبيا بلانيتيا Utopia Planitia؛ وتبين الصورة التي رسمها فنان نقلا عن صور مدارية، حافات منطقة فاستيتاس بورياليس Vastitas Borealis، وهو سهل مسطح منخفض، ربما كانت تصب فيه فيضانات القنوات المائية القديمة، وترسل الشمس اشعتها الأولى ناحية المركز، على حافة فوهة ليو Lyot الغربية.

في بداية الأمر، بدا هذا الموقع مخيباً للآمال إلى حد ما، إذ لم تعثر المركبة سبيريت على علامات على وجود ماء في الماضي، وكان ما رآته صخوراً بركانية، بينت مقاييس الطيف في المركبة سبيريت أنها مكونة من الزبرجد الزيتوني olivine، والبيروكسين pyroxene، وهما معدنان يمكن أن يتحلا بفعل أقل قدر من الماء السائل. ولا يمكن أن تكون الصخور قد تعرضت في الثلاثة بلايين سنة أو نحوها التي أعقبت ثورات البراكين، لقدّر ذي بال من المياه. وفيما كانت الجواله سبيريت تتسلق تلال كولومبيا^(١)، التي تشرف على موقع الهبوط، صار الوضع أكثر إثارة للاهتمام، حيث اكتشفت

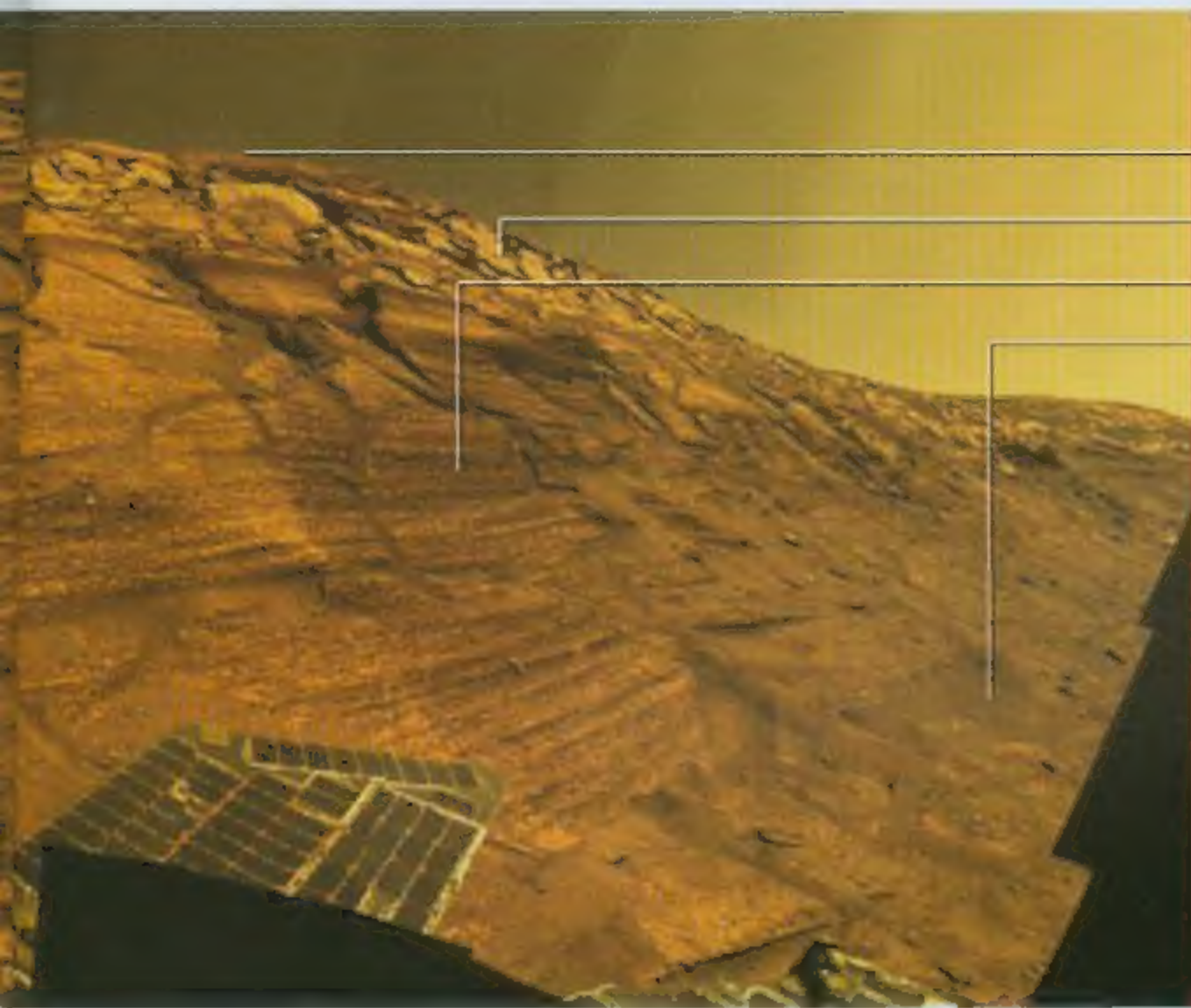
Columbia Hills (٢)

Ma'adim (١)

Two Places, Two Views (٤)

مكانان ومنظران^(٤)

في الشهر 2004/1، أنزلت وكالة ناسا، في موقعين مختلفين جدا على المريخ، اثنتين من أعقد الآلات التي صنعت حتى الآن، هما المركبتان الجوالتان سبيريت Spirit وأپورتونيوتي Opportunity، اللتان حملتا على متنيهما مجموعة من الكاميرات والمقاييس الطيفية لدراسة تركيب التربة والصخور، بقصد الإجابة عن السؤال الرئيسي المتعلق بجيولوجية المريخ: ماذا كان دور الماء؟. أما المركبة سبيريت، فقد هبطت في فوهة كوزيف Gusev Crater، التي اختيرت لشكل تضاريسها، إذ بينت الصور المدارية التي أخذت للفوهة أن ثمة وادياً، هو ماديم^(١)، يفضي إلى الفوهة، كما لو كانت فوهة كوزيف بحيرة يوماً ما.



رسوبيات مائية غنية بالكبريتات

رمل ذو بنية رقائقية ناعمة رسبته الرياح

رمل ذو بنية رقائقية خشنة رسبته الرياح

رمل سائب

جُرْف بيرنز، هو منكشف صخري رائع، تفحصته المركبة أبورتيونيتي بإمعان. يبلغ ارتفاعه ارتفاع مبنى من ثلاثة طوابق، ويشكل جزءاً من حافة فوهة إندورانس Endurance، التي تبعد مسافة 700 متر تقريباً عن موقع هبوط الجوال. وتشبه الصخور العلوية لهذا الجرف، الصخور الموجودة في موقع الهبوط، وهي غنية بأملاح الكبريتات (اللون الأحمر والأصفر في الصورة الملونة اصطناعياً)، وربما جرى تكوينها كم جفافها خلال الفيضانات المتكررة في تلك المنطقة. ويرى تحتها طبقات ناعمة وخشنة - وهي مزيج (اللون الأخضر) من الهيماتايت المعدني المرتبط بالماء ومن المعادن البازلتية الكارمة للماء. ويبدو أنها كتبان رملية كانت جافة عموماً، ولكنها كانت قريبة من حوض مائي. ويغطي قاع الفوهة رمل بازلتي (اللون الأزرق).

الصحراوية. وقد بدت صخور الميريدياني الغنية بالهيماتايت في طبقات رقيقة سهلة التآكل، استقرت فوق السطح الأقدم الغني بالفوهات البركانية، مما يوحي بأنها تراكمات رسوبية. وقد ملأت قنوات قديمة ومناطق أخرى ذات طوبوغرافية منخفضة، مما يشير إلى أن هذه الصخور ترسبت في الماء، ولم تكن رماداً بركانياً أو غباراً تذروه الرياح.

بعد أيام من هبوطها، أكدت المركبة أبورتيونيتي، أن سهول ميريدياني كانت ذات يوم مغمورة بالمياه. وقد اكتشفت فوراً منكشفات صخرية outcrops تضم صخوراً رسوبية طباقية layered، شوهدت لأول مرة على المريخ. كانت هذه الصخور ممثلة بالكبريتات - 30 إلى 40 في المئة من وزنها - ولا يُفسَّرُ هذا إلا بتبخر الماء الغني بالكبريت. هذا ولم تكن الكبريتات في فوهة كوزيف كثيفة. واتخذ الهيماتايت شكل كرات (أطلق عليها اسم «العُبيّيات» blueberries)، تراوح أقطارها بين مليمتر واحد وخمسة مليمترات، وكانت مغمورة في طبقات الصخور، ومبعثرة على الأرض كلها.

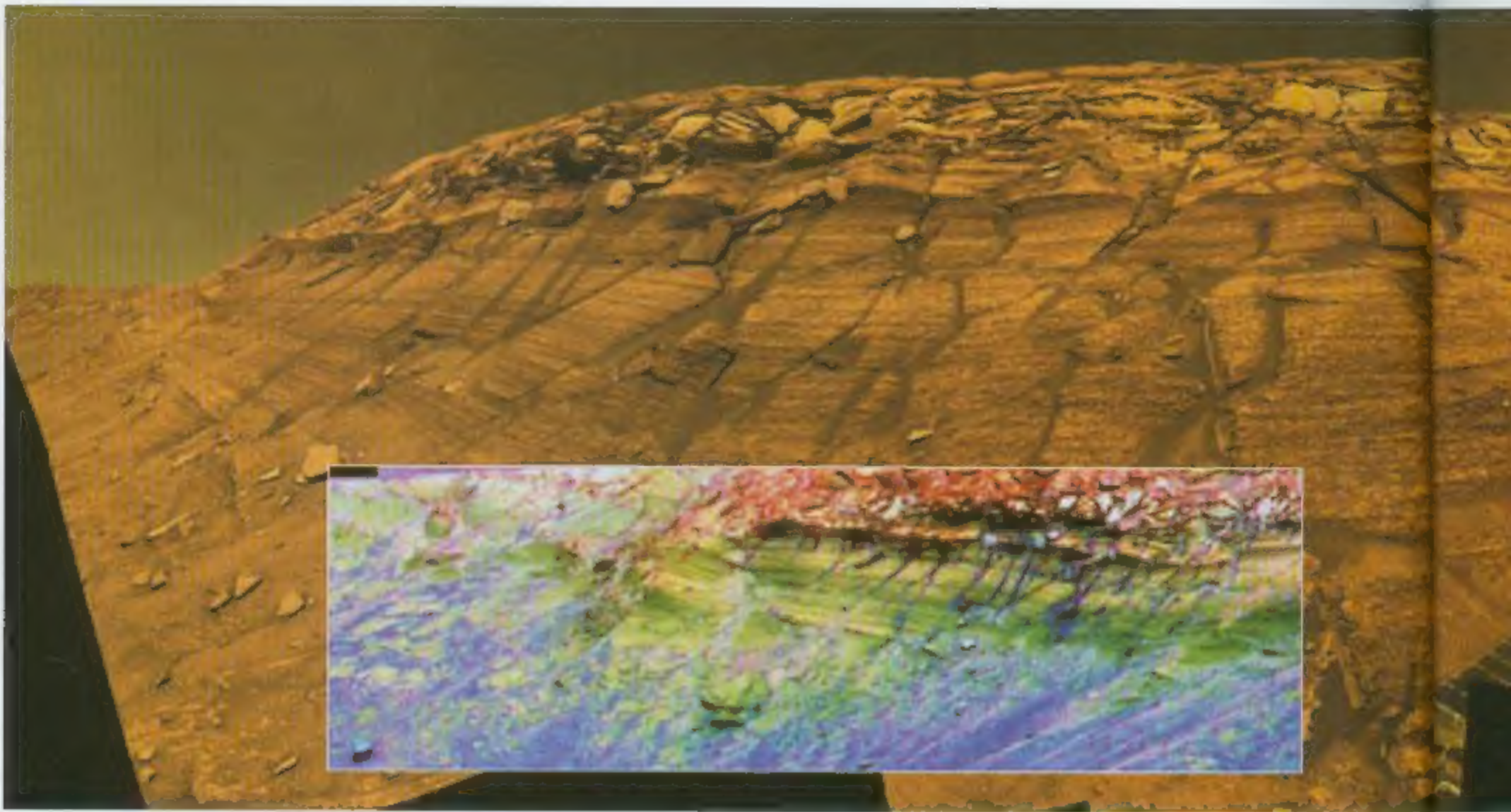
إن أكبر منكشف صخري كشفته المركبة أبورتيونيتي - وهو الذي سُمي جُرْف بيرنز Burns Cliff - بدأ كسلسلة من كتبان رملية بللتها مياه سطحية وجوفية. ويتكون كثير من الحبيبات من كبريتات، تكونت نتيجة تبخر الماء الراكد، الذي وجد في مناطق منبسطة (تسمى غُوطات أو سبخات صحراوية playas) واقعة بين تلك الكتبان. وقياساً على معالم مشابهة على الأرض، فقد استغرق تكوين صخور جُرْف بيرنز مدة تراوح بين آلاف ومئات الآلاف من السنين. وربما تكونت حبيبات الهيماتايت الكروية في وقت لاحق من موانع غنية بالحديد، منسابة عبر الرسوبيات. ولأول مرة، يدرس

الجوال كميات وفيرة من أملاح الكبريت. ومن الواضح أن الصخور البركانية سُحِّقَتْ متحوّلة إلى حبيبات صغيرة، ثم لُصِقَ الملح بعضها ببعض، وهذه عملية قد يشارك فيها ماء سائل يتخلل الصخور، أو حمض كبريتيك يتفاعل مع المعادن الموجودة أصلاً في الصخور. وعلى الرغم من هذه الإشارة الضمنية إلى الماء، فما زالت الصخور تحوي مقادير كبيرة من الزبرجد الزيتوني والبيروكسين. وهكذا يبدو أن الماء - الذي ربما وجد على قاع بحيرة في وقت ما - أدى دوراً ثانوياً خلال بلايين السنين القليلة الماضية.

أما المركبة الجوال أبورتيونيتي، فقد وُجِّهت إلى سهول ميريدياني. وكان اختيار هذا الموقع نقطة انطلاق عصر جديد في تاريخ استكشاف البشرية للنظام الشمسي: فلم يسبق لعلماء الكواكب إرسال مجس إلى موقع للتنقيب عن معادنه. صحيح أن بعثات السفن الفضائية المبكرة للمريخ حددت تركيب سطحه بدلالة العناصر الكيميائية، لكن معرفة المعادن - المركبات والبنى البلورية التي كوَّنتها تلك العناصر - كانت تتطلب استعمال المقياس الطيفي للانبعاث الحراري (TES)، وهو آلة ابتكرتها لسفينة المسح الشامل المدارية^(١)، التابعة للوكالة ناسا، والتي وصلت إلى الكوكب عام 1997. وفي خرائط توزيع المعادن التي أعدناها، تميزت سهول ميريدياني بوفرة عالية من الهيماتايت المتبلور crystalline hematite.

إن أكسيد الحديد هذا (الهيماتايت)، الشائع على الكرة الأرضية، يتكون بعدة عمليات يدخل الماء في معظمها. إحداها عملية ترسيب precipitation من موانع تجري عبر رسوبيات sediments، وثانيها عملية ترسيب من خلال انتزاع الماء من معادن الحديد الحاملة للماء مثل أكسيد الحديد المائي (الجيوثيت) goethite، وهو معدن ذو لون بني ضارب إلى الحمرة، يوجد في كثير من التُّرب

(١) Thermal Emission Spectrometer
(٢) Mars Global Surveyor Orbiter



وفي ربيع عام 2004، شاركت في الجهود المبذولة سفينة وكالة الفضاء الأوروبية مارس إكسبرس المدارية^(١) - الحاملة لمقياس طيف الإشعاع تحت الأحمر القريب^(٢) أوميكا OMEGA - وبينت السفينة الوجود الواسع لهذه المعادن. وقد جرى التوصل إلى أن الزبرجد الزيتوني موجود تحت السطح بعمق يتجاوز 4.5 كيلومتر، وذلك في جدران منظومة خائق فاليس مارينيريس Valles Marineris Canyon. وهو يظهر في جميع أنحاء السهول الاستوائية بما في ذلك قيعان القنوات. ولم يكن اكتشاف البازلت، الذي يغطي أيضا قسما كبيرا من أرضنا وقمرنا، مفاجأة كبيرة. فالحمم (اللابة) التي تنز عبر هاواي هي من البازلت - وهي نمط بدائي - تكونت في المرحلة الأولى لانصهار دثار الكوكب. وتنبثق الحمم على الأرض باستمرار من سلاسل التلال الموجودة في منتصف أرضية المحيطات لتكون قيعانها.

بيد أن هناك اكتشافا آخر لم يكن متوقعا. ففي حين أن الصخور في الأراضي القديمة الغنية بفوهات البراكين كانت من البازلت، فإن الصخور الأحدث الموجودة في الأراضي المنخفضة الشمالية شابهت نمطا أكثر تطورا من الحمم يسمى أنديسايت andesite. فقد احتوت هذه الصخور قدرا أكبر من الزجاج والمعادن الغنية بالسيليكا، وقدرا أقل من المعادن الحاوية على الحديد. وعلى كوكب الأرض، تتكون الأنديسايتات عادة حينما تمزج الصفائح التكتونية الهابطة الماء بالصخور المنصهرة الواقعة تحت سطح الأرض. هذا ويعتبر الوجود المحتمل للأنديسايتات على المريخ أمرا مثيرا، فقد يشير إلى أن دثار المريخ أكثر ابتلاا من دثار الأرض، أو أن الحمم الحديثة انصهرت تحت درجات

العلماء منكشفاً^(٣) صخورا على المريخ، وذلك بالطريقة المتعددة الأوجه التي يتبعها الجيولوجيون على كوكب الأرض.

بل إن مورفولوجية سهول ميريدياني، وهي أحد أكثر المواقع انبساطا، من بين جميع المواقع التي رُصدت على أي كوكب، تشبه قاع بحيرة. ويوحى الامتداد الواسع للهيماتايت، الذي رُصد من السفينة المدارية، بأنها كانت بحيرة كبيرة منعزلة أو بحرا صغيرا، أكثر من كونها جزءا من محيط شامل. وتحتوي عدة فوهات واقعة جنوب وغرب رواسب الهيماتايت الرئيسية كما تحوي صخورا طبقية غنية بالهيماتايت، وربما كانت بحيرات منفصلة.

ومجمل القول، إن الأمور بدت وكأن المركبتين الجوالتين هبطتا على كوكبين مختلفين تماما: أحدهما أشد جفافا من أي صحراء على الأرض، والآخر أرض تعجّ بالآلاف البحيرات. فهل هذان هما الاحتمالان الوحيدان، أم أن جيولوجية المريخ أكثر تنوعا من ذلك؟ وهل يمثل هذان الموقعان، اللذان يفصلهما آلاف الكيلومترات، النسق (المدى) الكلي لمكونات الصخور، والنشاط المائي على المريخ؟ للإجابة عن هذه الأسئلة الكبيرة، نظر العلماء من جديد إلى بيانات السفن المدارية حول المريخ.

أرض الحمم^(٤)

خلال السنوات الثماني الماضية، اكتشف مقياس طيف الانبعاث الحراري TES أن جميع الصخور والرمال المريخية تقريبا مكونة من المعادن البركانية: الفلُسْپَار feldspar (سيليكات الألمنيوم)، والبيروكسين والزبرجد الزيتوني - وهي مكونات البازلت basalt.

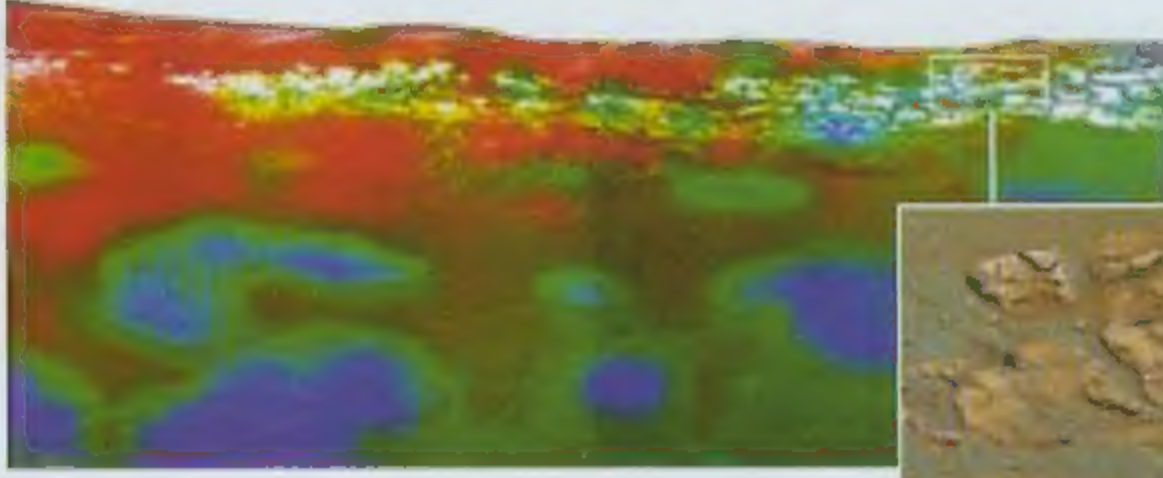
outcrop (١)

Lava Land (٤)

near-infrared spectrometer (٣)

Mars Express orbiter (٢)

مناطق كان فيها المريخ رطباً



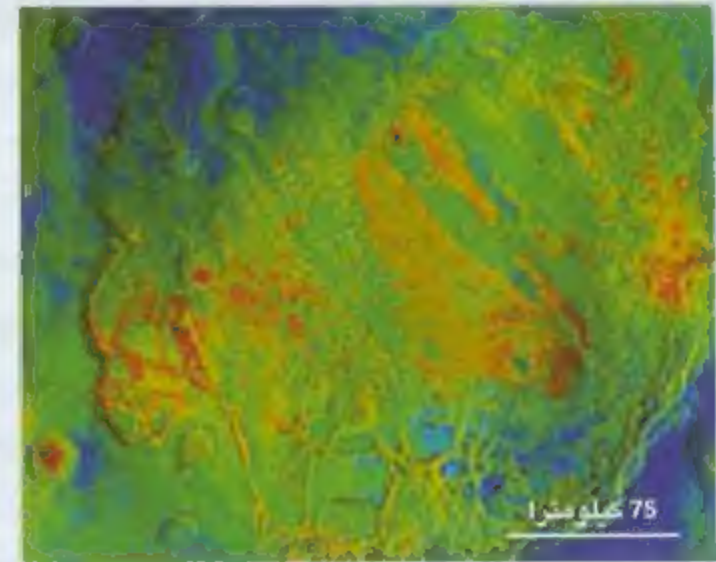
تُظهِرُ بانوراما فوهة النسر^(١)، حيث حُطَّت أبورتيونيتي، كميات متباينة من معدن الهيماتيت المرتبط بالماء، تراوح بين كميات قليلة (الأزرق) وكميات كبيرة (الأحمر)، والواقع الزرقاء في مقعمة الصورة، هي علامات قطرها قرابة متر، خلفتها المركبة الجواله أثناء هبوطها. أما المناطق البيضاء في المؤخرة فهي منكشفات صخرية مثل منكشف الكابيتان El Capitan [الإطار]، وعند إجراء فحص مفصل لها، وُجِد أنها مؤلفة من رسوبيات مائية من الكبريتات والهيماتيت.



«العنبيات» هي كريات صغيرة، بحجم ثمر العنبيات، مبعثرة في أرجاء موقع الهبوط. وقد سمح تركيزها العالي في الصخرة المسماة Berry Bowl [البيئة هنا بألوان صناعية]، للجواله بالحصول على سجل لتركيبها: فهي هيماتيت ربما ترسب من الماء في الفراغات المسامية لرسوبيات قاع بحيرة.



تبيّن الصور المجهرية حبات بحجم ثمر التوت في التربة (في اليسار) مطمورة في صخرة تدعى Upper Delt (في الأعلى)، والصخرة مخططة بطبقات سمكها ملليمتر واحد، يتم شكلها عن أنها ترسبت في ماء جار.



أرام كاؤوس^(٢) هو فوهة صدم ممثلة بالهيماتيت، مثل موقع هبوط المركبة أبورتيونيتي، وتشير درجات الحرارة الليلية التي قاستها سفينة مارس أوديسي المدارية، إلى قوام الفوهة المائي [الأحمر] يعني صخرا، والبارد [الأزرق] يعني غبارا ورملًا، ويبدو أن الصخور المتبسطة في مركز الفوهة [البرتقالي] هي ترسيبات قاع البحيرة، وتشير التضاريس المتقطعة في الجنوب إلى أن الأرض انهارت فجأة، ربما عندما اندفعت المياه تحت السطحية إلى الخارج.

شرعت آلة التصوير تحت الحمراء THEMIS (التي ابتكرتها مجموعتي البحثية لسفينة مدارية أخرى تابعة لوكالة ناسا) هي مارس أوديسي^(٣) - في رسم الكوكب بميز قدره 100 متر. وقد بينت هذه الكاميرا، مع المقياس أوميكا، مجموعة متنوعة من مكونات صخور نارية، تناظر مثيلاتها على الأرض.

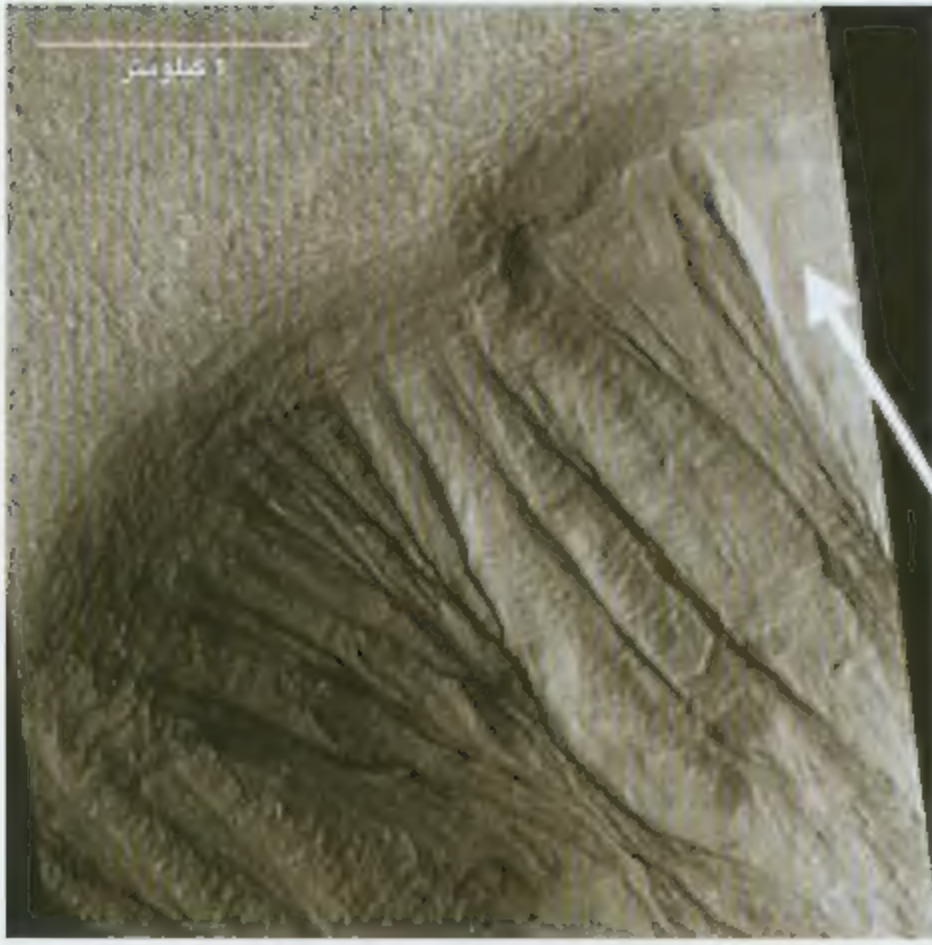
وقريبا من خط الاستواء المريخي يوجد بركان قطره 1100 كيلومتر يسمى سيرتيس ميجر^(٤) تصطف على ذروته سلسلة من الفوهات الخاملة أو الكالديرات calderas. ويتكون معظم البركان من

حرارة أو تحت ضغوط مختلفة عن تلك المتعلقة باليازلات القديمة. وللتأكد، يقترح بعض العلماء أن الأنديسايتات المفترضة هي «يازلات متنكرة»، إذ يمكن لضباب مائي أو حامضي، أن يتفاعل مع المعادن، لينتج قشرة رقيقة خارجية veneer شبيهة بالأنديسايت. وقد يتعين على الباحثين انتظار نتائج دراسات مفصلة لسطوح هذه الصخور، لحل هذه المسألة.

إن لمقياس طيف الانبعاث الحراري TES ميزا resolution (قوة تفريق فضائي) منخفضا إلى حد ما، فمدى البيكسل (العنصورة) pixel الواحد عدة كيلومترات. لذا لم يبدأ التنوع الحقيقي لعلم المعادن المريخي بالوضوح إلا عام 2001، عندما

Aram Chaos (٢)
Syrilis Major (٤)

Where Mars Was Wet (١)
Panorama of Eagle Crater (٣)
Mars Odyssey (٣)



دعه يثلج ؛ ربما لا يكون المريخ ديناميكيًا مثلما كان في الماضي، ومع ذلك ثمة حياة في هذا الكوكب. فقد شاهدت سفينة مارس إكسبرس المدارية ما يبدو أنه مجالد (أنهار جليدية) glaciers حديثة جيولوجيًا، تتدفق عبر سلاسل جبلية وقوّهات [في اليمن]. وكشفت سفينة مارس أوديسي تراكمت ثلجية [السهمان في الوسط واليسار] على المنحدرات المقابلة للقطين. وقد يكون هذا الثلج مصدر الماء الذي أنتج الأخاديد الحالية [في اليسار]. وإذا كانت الميكروبات تعيش في أي مكان على المريخ هذه الأيام، فإن هذه التراكمت الثلجية هي مواقع مناسب لها.

البازلت، لكن المنحدرات مرقطة بمخاريط وتدفقات حممية مكونة من حمم زجاجية غنية بالسيليكون تسمى داسيتات dacites. ويتكون هذا النمط الصخري في حجيرات الصهير magma chamber القابعة تحت البراكين. فعندما يبرد الصهير، يكون معدنا الزبرجد الزيتوني والبيروكسين، الغنيان بالحديد والمغنيسيوم، هما أول ما يتبلور ويستقران في قاع حجيرات الصهير، تاركين الصهير المتبقي غنيًا بالسيليكا والألمنيوم - وهو الذي تبرز منه الداسيتات. وتتكون الذرا المركزية لكثير من الفوهات الموجودة على جوانب سيرتس ميجر من صخور أكثر غنى بالسيليكا، هي صخور الغرانيت، التي ربما تشكلت بالانفصال الكامل للبلورات، أو بإعادة صهر البازلت القديم على نطاق واسع.

وقد خلص الباحثون إلى أن هذا البركان مرّ بمراحل تطورية عديدة. ففي البداية، انبثقت الحمم البازلتية من المركز وكونت البركان. ومع تطور الصهير كيميائيًا، بدأت بالخروج من الحجرة الواقعة تحت الذروة، مسببة انهيار الأرض، ومغذية الانبثاقات على جوانب البركان. ولا تتميز البراكين المريخية بالضخامة فحسب، ولكنها أيضا معقدة بدرجة مذهلة.

وسوف تسقط أمطار خفيفة*

إن ما يفتقر إليه المريخ لا يقل أهمية عما يحتويه. إن الكوارتز الموجود بكثرة على الأرض، نادر جدا على المريخ، مما يشير إلى ندرة الغرانيت، الذي يتكون منه الكوارتز، على المريخ. ثم إنه لا دليل على وجود المعادن المتحولة^(١) مثل الأرثواز slate أو الرخام، التي تتكون عندما تخضع الصخور البركانية أو الرسوبية إلى ضغوط ودرجات حرارة عالية. والاستنتاج الرئيسي لهذه الحقائق هو أن تكتونية^(٢) المريخ غير قادرة على دفع الصخور إلى أعماق كبيرة (حيث تُسخن وتُكبس) ثم إعادتها للسطح ثانية.

تحتوي الكرة الأرضية مخزونات هائلة من الصخور الكربوناتيّة مثل حجر الجير، الذي ترسّب في محيطات دافئة غنية بثنائي أكسيد

الكربون. ويرى علماء الكواكب أن المريخ كان عادة أدفأ وأرطب، ومن ثم لابد أن يحوي أيضا طبقات سميكة من الكربونات، لكن لم يكتشف شيء منها. وهذا يعني أن أي محيطات على الكوكب كانت إما باردة أو قصيرة الأمد أو مغطاة بالجليد، أو طاردة للكربونات لسبب أو آخر. ويحوي الغبار المنتشر في كل مكان كميات قليلة من الكربونات، ربما تكونت بالتأثر المباشر مع بخار الماء الموجود في الجو، وليس بالتأثر مع الماء السائل على السطح. وثمة طائفة أخرى من المعادن المرتبطة بالماء، هي الأليان (جمع طين)، يندر وجودها أيضا على المريخ - مما يوحي ثانية بأن الكوكب كان في معظمه جافًا. وينسجم هذا الاستنتاج مع الوجود الواسع الانتشار لمعدني الزبرجد الزيتوني والبيروكسين الكارهين للماء.

وبهذا المعنى، فإن ما رآته المركبة سبيريت في فوهة كوزيف أكثر تمثيلا للمريخ مما وجدته أوبرتيونيتي في ميريداني. ومع ذلك، فإن ميريداني ليست المكان الوحيد الذي تظهر فيه البحيرات في الصور المدارية، إذ تحوي فوهة آرام كاؤوس Aram Chaos، التي يبلغ قطرها 280 كيلومترا، مسيلا outflow channel مليئا بالصخور الطباقية التي تحوي هيماتايت، وتكسو قاع فوهة البركان كتل عملاقة من الصخور. ويبدو الأمر كأن سيلا جارفا من ماء تحت سطحي قد اندفع بعنف، مسببا انهيار التضاريس الفوقية، فاستقر بعض الماء في الفوهة، وشكل طبقات من الرسوبيات الحاوية للهيماتايت.

وبالمثل، تحوي أغوار فاليس مارينيريس صخورا حاوية للهيماتايت تنتظم في طبقات رقيقة سهلة الحث، وهذا يشبه ما يتوقعه المرء من ترسيبات في مياه راكدة. إن هذه الصخور المنتشرة مع غيرها في المنطقة الاستوائية، غنية بالكبريتات، وهي إشارة خفية إلى رسوبيات ماء راكد. وربما تكون البحيرات قد مرت بأحداث عديدة من إغراق بالماء، ثم تبخير (وربما تجميد)، ثم تجفيف.

(*) And There Will Come Soft Rains (١)
metamorphic minerals (٢)

(٣) tectonics فرع من الجيولوجيا يعنى بدراسة المعالم الإقليمية التركيبية والتحريرية لقشرة الأرض. (التحرير)



8 كيلومترات

تقع منطقة نيلي باتيرا Nili Patera على ذروة البركان العملاق سيرتس ميجور، وتحتوي على حمم بازلتية قديمة (الأزرق)، ومخاريط داسيتية حديثة العهد وتدفقات (الأحمر). أما الكتبان الرملية (البرتقالي) فهي خليط من هذين النمطين. ويعتبر التبركن المريخي أعقد كيميائياً مما توقعه العلماء.

وإضافة إلى قيعان البحيرات القديمة، هناك مناطق تغشاها شبكات كثيفة من قنوات، كونها - على ما يبدو - سقوط المطر وجريانه فوق السطح. ويجادل بعض الباحثين بوجود محيطات شاسعة على المريخ في السابق، اعتماداً على أن الصور الفوتوغرافية للكوكب وطوبوغرافيته تشير إلى وجود شواطئ وقيعان محيطات ملساء.

وجميع هذه الاكتشافات مجتمعة توفر دليلاً قوياً على أن الماء كان مستقراً في مناطق منعزلة طوال فترات قصيرة الأمد. ترى، ما هي العوامل التي جعلت الماء يتراكم ويظل مستقراً في هذه المواقع؟ ثمة تخمين قوي يعزو هذه العوامل إلى تأزر حرارة باطن الكوكب، وكميات وفيرة من الملح (الذي يخفض درجة حرارة التجمد)، ووجود غطاء واقٍ من الجليد. وربما أدت صدمات النيازك الكبيرة، بين حين وآخر، إلى تدفئة الغلاف الجوي وزيادة سماكته.

لكن يبدو أن فكرة تشابه الكوكب في وقت ما بالأرض قد عفا عليها الزمن. فالانطباع السائد من الخرائط التعدينية الشاملة هو أننا حيال سطح قديم، مازال يحتفظ بمعابنه البركانية الأصلية، غير الماء قليلاً. وحتى في سهول ميريداني، تدل الرمال البازلتية أعلى بحيرة الرسوبيات، على جفاف الموقع طوال مدة تراوح بين بليونين وثلاثة بلايين سنة. وعلى الرغم من وجود شبكات البحيرات وأشباه الأنهار، فإن الماء ربما جرى فيها مدة قصيرة فقط. ومن المحتمل أن الماء الذي ظل مجمداً طوال معظم الوقت، كان يجري بين الفينة والأخرى، وما يلبث أن يتجمد ثانية. ومع ذلك، مازال علماء الكواكب حائرين في تفسير كيف أن عالمًا كان في عمومه مجدياً إلى هذا الحد، يصبح، في أمكنة وأوقات معينة، مائياً بهذه الدرجة.

كوكب الفصول الطويلة^(١)

إن الماضي الملحمي^(٢) الطويل للمريخ يجعله يحظى بأكثر قدر من الاهتمام، بيد أن ثمة تطورين بعثا الحماس ثانية لدراسة نشاطه هذه الأيام. أولهما الإجماع المتعاظم على أن المريخ كان نشيطاً جيولوجياً في الماضي القريب. فمعظم البراكين الضخمة والسهول الحممية قديمة، ويعود تاريخها إلى النصف الأول من تاريخ الكوكب، لكن غياب فوهات صدم نيزكية على الطفوح البركانية، في مناطق مثل اثاباسكا Athabaska، يوحي بأنها حديثة (بالمعايير الجيولوجية)، وأنها نتيجة انبثاقات جرت في ملايين السنين القليلة الماضية. وقد فتش الباحثون في الصور تحت الحمراء الليلية عن براكين نشيطة، أو بقاع ساخنة في باطن الأرض، فلم يعثروا حتى الآن على شيء منها. ويبدو أن المريخ قد برد إلى درجة ينذر فيها التبركن، رغم تفجر الحمم على السطح من وقت إلى آخر.

أما التطور الثاني فهو اكتشاف أن المريخ يحوي مستودعات هائلة من الماء المتجمد الذي ينساب في أرجاء الكوكب مع تغيرات مناخه. ومنذ البداية، يحوي كلاً القطبين مخزونات من جليد أو

رسوبيات غنية بالجليد، يصل سمكها إلى عدة كيلومترات، وتمتد على مساحة تبلغ نحو ضعف الأريزونا. وقد بينت قراءات الحرارة تحت الحمراء في السبعينات من القرن العشرين أن قلنسوة القطب الشمالي هي جليد مائي water ice، لكنها لم تحدد تركيب قلنسوة القطب الجنوبي. وتماثل درجة حرارة سطحه، درجة حرارة ثنائي أكسيد الكربون المتجمد. لكن هل يقبع الجليد المائي في الأسفل؟ لقد كشفت قراءات حديثة لدرجات الحرارة، قاسها الجهاز THEMIS وجود جليد مائي ناتئ في أمكنة معينة، ومن ثم يبدو أن الجواب عن هذا السؤال هو نعم.

ويضاف إلى المخزون المائي المعروف، الجليد الجوفي، الذي كشفته ألتا مقياس طيف أشعة كاما ومكشاف النيوترونات العالية الطاقة المحمولتان على السفينة مارس أوديسي، اللتان تقيسان أشعة كاما والنيوترونات الناتجة من تصادم الأشعة الكونية بذرات في التربة. ويكشف التوزيع الطاقى لفوتونات كاما والنيوترونات، عن عناصر تركيب التربة إلى عمق عدة أمتار. فالهيدروجين مثلاً، يمتص النيوترونات بقوة، ومن ثم فإن ندرة النيوترونات تنم عن وجود هيدروجين تحت السطح - والأكثر احتمالاً أنه جزيء الهيدروجين H₂ الناتج من الماء H₂O. ويبدو أن الماء في المناطق المحصورة بين خطي عرض 60 درجة وكل من القطبين، يكون أكثر من 50 في المئة من وزن التربة. إن وجود الجليد بهذه الوفرة العالية لا يمكن أن يكون نتيجة لمجرد انتشار بخار الماء من الهواء الجوي إلى مسام التربة، وبدلاً من ذلك، لا بد أن يكون الثلج قد اختزن على شكل صقيع أو جليد.

إن التضاريس غير العادية للأرض، التي شوهدت عبر خطوط العرض الوسطى، تشير أيضاً إلى وجود جليد. وثمة تضاريس شبيهة بملعب كرة السلة بين خطي العرض 30 و 50 درجة في كلا نصفي كرتي الكوكب. وربما يتكون مثل هذه التضاريس نتيجة

أبوليناريوس باتيرا Apollinaris Patera هو بركان عريض لكنه منخفض، قد جف جففا متعاقبا للكون. وربما كان هذا البركان مصدر الرماد الذي عثرت عليه الجوالة سبيريت على بعد 350 كيلومترا جنوبا وجرى حت الرواسب البركانية إلى أعماق كبيرة بواسطة الماء وقد رصدت سفن الفضاء انهيارات قوية في المنطقة

تحتوي معادن تتحلل بسرعة في البيئة الرطبة. والمناخ جاف وبارد، ومع ذلك فإن الجوالة أپورتينيوتتي وجدت نفسها على قاع بحر قديم، مما يشير إلى أن المناخ كان مختلفا جدا. والماء السائل غير مستقر في ظل الظروف الحالية، ومع ذلك فقد تكونت أخايد حديثا، وقد يتواصل تكونها

يعتبر تنوع البيانات السطحية من مكان لآخر ومن وقت لآخر، أحد أهم المؤشرات الواعدة لدراسة بيولوجية المريخ؛ إذ يوفر مجموعة غنية من البيانات، ربما سمحت بوجود الحياة فقد كان الماء وفيرا في البحيرات عهودا طويلة، وإن كانت متقطعة. وربما دامت هذه المياه مدة طويلة تكفي لكي تدب حياة في المادة غير الحية. ولعل الكائنات الحية مازالت متشبثة بالحياة، وأنها تمر بحالة سبات خلال المراحل الباردة، ثم تنشط عندما تتحسن الظروف المناخية. وسوف تكون بقايا البقايا الثلجية والأخايد ومناطق مشابهة أخرى، مكانا رائعا، لتبحث البعثات الإنسانية^(١) robotic المستقبلية عن حياة فيها.

(١) نسبة إلى إنسالة، وهذه نحت من إنسان - الي (التحرير)

المؤلف

Philip R. Christensen

بدأ اهتمامه بعلم الجيولوجيا في طفولته عندما كان دائم السفر في الغرب الأمريكي. قد شاهد المريح ور مرة بعد مرات أهداه الي والداه لملوغة الثانية عشرة «كريستسن»، الذي يعمل حاليا أستاذًا بجامعة أريزونا الحكومية هو أكبر حبيب عالمي في تركيب سطح المريخ وقد ابتكر مرققه السحني الات الأشعة تحت الحمراء لسفن البعثات الفضائية. الماسح الشامل للمريخ، ومارس أوديسي، وبعثات السفن الجوالة لاستكشاف المريخ وفي عام 2003 منحت وكالة ناسا ميدالية الإنجازات العلمية الاستثنائية، مكافأة له على أبحاثه العلمية الرائدة للمريخ بالأشعة تحت الحمراء. ومنذ منتصف التسعينات من القرن الماضي، استعمل حكريستسن أيضا أبحاث سفن الفضاء لدراسة مشكلات التنمية السنية والحضرية على الكرة الأرضية

مراجع للاستزادة

Global Mapping of Martian Hematite Mineral Deposits: Remnants of Water-Driven Processes on Early Mars. P. R. Christensen, R. V. Morris, M. D. Lane, J. L. Bandfield and M. C. Malin in *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, Part 10, pages 23,873-23,885, 2001.

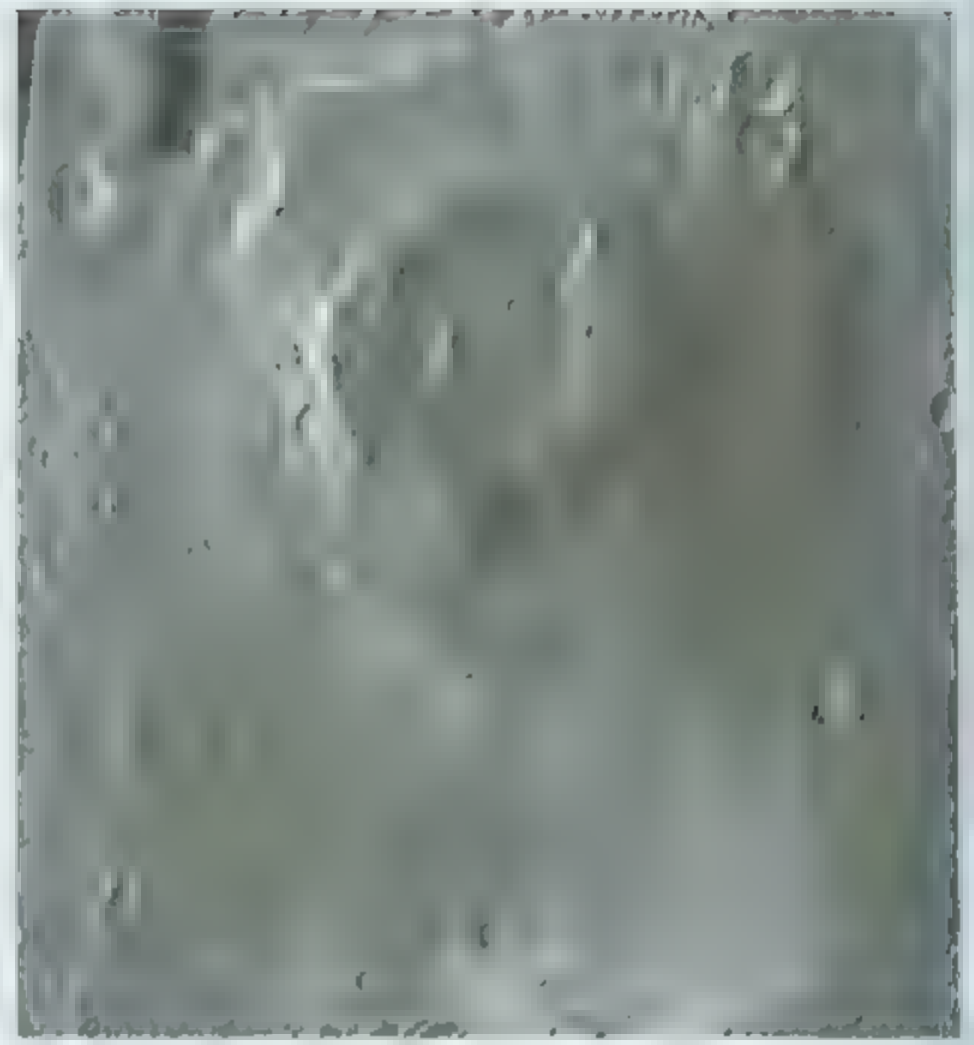
Morphology and Composition of the Surface of Mars: Mars Odyssey THEMIS Results, Philip R. Christensen et al in *Science*, Vol. 300, No. 5628, pages 2056-2061; June 27, 2003.

Spirit at Gusev Crater. Special issue of *Science*, Vol. 305, No. 5685, pages 793-845; August 6, 2004.

Opportunity at Meridiani Planum. Special issue of *Science*, Vol. 306, No. 5702, pages 1697-1756, December 3, 2004.

Roving Mars: Spirit, Opportunity, and the Exploration of the Red Planet. Steve Squyres. Hyperion, 2005.

Scientific American, July 2005



تسخن التربة وتبخر الجليد، وهذا يؤدي إلى تفتت التربة. ويوجد نمط ثان من الترسبات في تجاويف فوق المنحدرات الباردة المواجهة للقطبين، وهي طبقة مادية سمكها عشرة أمتار - يُحتمل أن تكون بقايا ثلج مائي نقي إلى حد كبير. وكانت الأخايد الصغيرة الحديثة العهد التي تنشأ عادة عن جريان المياه بعد المطر - أحد أهم المكتشفات اللافتة للنظر في خطوط العرض الوسطى. وربما كانت نتيجة ماء ينبوعي، أو ذوبان للجليد القريب من السطح، أو ذوبان لمقادير وفيرة من ثلج منطلق من أسفل إلى أعلى.

وتوحي جميع هذه المعالم المرتبطة بالماء أن المريخ، مثل الأرض، يمر بدورة من دورات العصور الجليدية ويتذبذب ميل محور دوران الكوكب حول زاوية تبلغ 20 درجة خلال دورة طولها 125 (XX) سنة وعندما يكون الميل صغيرا، يكون القطبان أبرد مكانين على الكوكب، ويسقط عليهما ثلج أكثر مما يتبخر منهما، وتكون المحصلة تراكم الجليد. ومع ازدياد الميل، يستقبل القطبان قسما أكبر من ضوء الشمس، ويسخنان على حساب خطوط العرض الوسطى. ويميل الماء إلى الجريان من القطبين تجاه خط الاستواء. ومع تراكم الثلج على السطح، يمكن للماء أن يقطر برفق. وفي أيامنا هذه تسخن خطوط العرض الوسطى، واختفى معظم الغطاء الثلجي. ولو كان نموذج عصر الجليد صحيحا فعلا، فلسوف تعود عصوره خلال ما يراوح بين الـ 25 000 و 50 000 سنة المقبلة.

وقصة معلوماتنا عن كوكب المريخ شبيهة بحكاية المكفوفين الذين يصفون فيلاً: فجيولوجية الكوكب تبدو متغيرة، تبعا للموقع الذي ننظر نحوه. والكوكب مكان غني بالتضاريس، وله حاضر يتسم بدينامية مذهلة، وماضٍ معقد متناقض وصخوره البركانية متنوعة كمثيلاتها على الأرض، وتباين المظاهر الدالة على وجود الماء تباينا شديدا. كان الكوكب عرضة لفيضانات غامرة، وربما لسقوط الأمطار عليه في باكورة تاريخه، ومع ذلك فإن صخوره القديمة مازالت

الغاز الكتلة^(*)

يجد الفيزيائيون في البحث عن جسيم مراوغ يمكنه أن يكشف عن وجود نوع جديد من الحقول (حقل هيگز) ينتشر في الوجود المادي كله. فوجود هذا الحقل سيوفر فهماً أكمل عن الكيفية التي يعمل بها الكون.

< كين >

أية حال، أصبح «سبب» الكتلة موضوع بحث في علم الفيزياء. ففهم معنى الكتلة وأصولها سوف يكمل النموذج العياري Standard Model لفيزياء الجسيمات ويوسعه هذا النموذج هو النظرية المعترف بها والتي تصف الجسيمات الأولية المعروفة وتأثيراتها. كما أن هذا الفهم سوف يحل العازا مثل المادة الخفية التي تشكل نحو 25 في المئة من الكون

إن أساس فهمنا الحديث للكتلة أعقد بكثير من تعريف «نيوتن»، وهو يستند إلى النموذج العياري. ففي قلب هذا النموذج توجد دالة رياضية تدعى «لاكرانجيان» Lagrangian هي التي تمثل كيف تتأثر الجسيمات المختلفة. ويستطيع الفيزيائيون انطلاقاً من هذه الدالة، وابتاع القواعد المعروفة باسم النظرية الكمومية النسبية، أن يحسبوا سلوك الجسيمات الأولية، بما في ذلك كيفية تجمعها لتشكيل جسيمات مركبة مثل البروتونات، ونستطيع بعدئذ أن نحسب كيف تستجيب الجسيمات، الأولية منها والمركبة، للقوى فبالنسبة إلى قوة معينة F يمكن أن تكتب معادلة «نيوتن» على الصورة $F = ma$ التي تربط بين القوة والكتلة والتسارع الناتج وتفيدنا دالة لاكرانجيان في معرفة ماذا نستخدم من أجل m هنا، وهذا هو المقصود بكتلة الجسيم

لكن الكتلة، كما نفهمها عادة، تظهر بوضوح في أكثر من مجرد العلاقة $F = ma$. فنظرية النسبية الخاصة لـ «آينشتاين»، على سبيل المثال، تنبأ بأن الجسيمات المبدومة الكتلة تسير في الحلاء بسرعة الضوء وأن الجسيمات ذات الكتلة تسير أبطأ كثيراً من ذلك بصورة يمكن معها حساب سرعتها إذا عرفنا كتلتها. كما تنبأ قوانين الثقالة بأن الثقالة تؤثر في الكتلة وفي الطاقة أيضاً بصورة محددة تماماً والكمية m المستنتجة من دالة لاكرانجيان لكل جسيم تسلك سلوكاً صحيحاً وفق أي من هذه الطرق تماماً كما نتوقع بالنسبة إلى كتلة معينة.

إن للجسيمات الأساسية كتلاً ذاتية تُعرف باسم الكتلة السكونية rest mass (أما تلك الجسيمات التي كتلتها السكونية

يعتقد معظم الناس أنهم يعرفون ما هي الكتلة، لكنهم لا يدركون سوى جزء من الحكاية فالفيل، على سبيل المثال، أكبر كثيراً من النملة حجماً ووزناً، وحتى في غياب الثقالة، تبقى كتلة الفيل أكبر - فدفعه أو تحريكه أصعب. ومن الواضح أن الفيل أكبر كتلة لأنه مؤلف من عدد من الذرات أكثر كثيراً مما في النملة، ولكن ما الذي يحدد كتلة كل من الذرات المنفردة؟ وماذا عن الجسيمات الأولية التي تشكل الذرات - ما الذي يحدد كتلتها؟ وبالفعل لماذا يكون لها كتلة أصلاً؟

وهكذا نرى أن لمسألة الكتلة وجهين مستقلين. أولاً، يلزم أن نعرف كيف تنشأ الكتلة أصلاً يبدو أن الكتلة تنتج من ثلاث آليات مختلفة على الأقل، وهي التي سوف أصفها فيما يلي. إن أحد العوامل الأساسية في النظريات التلمسية (التجريبية) tentative theories للفيزيائيين حول الكتلة هو نوع جديد من الحقول ينتشر في الوجود المادي كله، يدعى حقل هيگز Higgs field. ويُعتقد أن كتل الجسيمات الأولية تأتي من التآثر مع حقل هيگز. فإذا كان حقل هيگز موجوداً بالفعل فإن النظرية تتطلب أن يكون له جسيم مرفق به، هو بوزون هيگز Higgs boson ويحاول العلماء حالياً، باستخدام مسرعات الجسيمات particle accelerators العثور على هذا البوزون

والوجه الثاني هو أن العلماء يريدون أن يعرفوا لماذا تمتلك مختلف أنواع الجسيمات الأولية مقادير كتلة خاصة بها تغطي مدى يبلغ 10^{16} ضعفاً على الأقل، ولكننا مازلنا لا نعرف سبباً لذلك [انظر الشكل في الصفحة 16]. وعلى سبيل المقارنة، فإن كتلة الفيل تفوق كتلة أصغر نملة بنحو 10^{11} ضعفاً

ما هي الكتلة^(**)

قدم «إسحق نيوتن» أول تعريف علمي للكتلة في عام 1687 في مؤلفه الشهير «المبادئ» Principia: «إن كمية المادة هي قياس هذه الكمية الناشئة عن كثافتها وحجمها معاً». وكان ذلك التعريف الأساسي جداً كافياً تماماً لـ «نيوتن» وللعلماء الآخرين لمدة تزيد على 200 سنة. لقد أدركوا أن العلم ينبغي أن يبدأ أولاً بوصف كيفية سير الأمور، ثم بفهم السبب بعد ذلك. وفي السنوات الأخيرة، على

(*) العنوان الأصلي THE MYSTERIES OF MASS

What's Mass?

relativistic quantum theory

تساوي صفرا فتدعى جسيمات معدومة كتلة (massless) وبالنسبة إلى الجسيمات المركبة فإن الكتلة السكونية للمكونات، وكذلك طاقتها الحركية والطاقة الكامنة لتأثيراتها تسهم جميعها في كتلة الجسيم الكلية ذلك أن الطاقة والكتلة مرتبطتان حسب معادلة أينشتاين الشهيرة $E = mc^2$ (الطاقة تساوي جداء الكتلة في مربع سرعة الضوء)

وكمثال على الطاقة التي تسهم في الكتلة ما يحدث في أكثر أنواع المادة انتشارا في الكون - البروتونات والنيوترونات التي تشكل النوى الذرية في النجوم والكواكب والناس وفي كل ما نراه. تشكل هذه الجسيمات من 4 إلى 5 في المئة من الكتلة-الطاقة في الكون [انظر الإطار في الصفحة 17] ويدلنا النموذج العياري على أن البروتونات والنيوترونات مؤلفة من جسيمات أولية تدعى كواركات quarks، وهذه يرتبط بعضها ببعض بواسطة جسيمات معدومة الكتلة تدعى غلوونات gluons. وعلى الرغم من أن المكونات تدور وتلف داخل كل بروتون، فإننا نرى البروتون من الخارج جسيما متسقا ذا كتلة ذاتية تُعطى بواسطة حاصل جمع كتل وطاقات مكوناته

يتيح لنا النموذج العياري أن نجد بالحساب أن الكتلة الكلية تقريبا للبروتونات والنيوترونات تأتي من الطاقة الحركية للكواركات والغلوونات المكونة لها (والباقي يأتي من الكتلة السكونية للكواركات). وهكذا فإن بين 4 و 5 في المئة من الكون كله - أي كل المادة المعروفة من حولنا تقريبا - تأتي من طاقة حركة الكواركات والغلوونات في البروتونات والنيوترونات.

آلية هيگز

إن الجسيمات الأولية فعلا - مثل الكواركات والإلكترونات، بخلاف البروتونات والنيوترونات - ليست مؤلفة من أجزاء أصغر منها. وتفسير كيفية وجود كتلة لها يمسّ اللبّ من مسألة أصل الكتلة وكما ذكرت آنفا، فإن التفسير الذي تقترحه الفيزياء النظرية المعاصرة يقضي بأن كتل الجسيمات الأولية تنشأ عن تأثيرات مع حقل هيگز. ولكن لماذا يوجد حقل هيگز خلال الكون

كتلة الفيل الإفريقي الذي (نحو 6000 كيلوغرام)
أصغر أنواع السمك (0.01 مليلتر)
من 10¹¹ ضعفا، وهذا تقريبا هو
نفسه بين الكواركات التي

كله ولماذا لا تساوي شدته الصفر أساسا على المستوى الكوني. شأنه في ذلك شأن الحقل الكهرمغناطيسي وما هي حقيقة حقل هيگز

إن حقل هيگز هو حقل كمومي قد يبدو هذا غامضا، لكن الحقيقة هي أن جميع الجسيمات الأولية تنشأ على شكل كمات (كمومات) عن حقل كمومي مناظر. والحقل الكهرمغناطيسي هو أيضا حقل كمومي (جسيمه الأولي المناظر هو الفوتون) وهكذا في هذا الخصوص، لا يشكل حقل هيگز لغزا أكثر مما

The Higgs Mechanism (١٠)

كل حال، ولسنا متأكدين من عدد أنواع حقول هيگز الموجودة ومع أن النموذج العياري لا يتطلب سوى حقل هيگز واحد لتوليد كتل جميع الجسيمات الأولية، إلا أن الفيزيائيين يعلمون أنه ينبغي أن تحل محل النموذج العياري نظرية أكثر كمالاً والنظريات الرئيسية المنافسة، وهي امتدادات للنموذج العياري، تدعى النماذج العيارية الفائقة التماثل Supersymmetric Standard Models



(أي حين تتلاشى الحقول) - إذا أدخل أي حقل غير معدوم فإن الطاقة المختزنة في الحقول تزيد الطاقة الصافية للمنظومة. لكن طاقة الكون، في حالة حقل هيگز، تكون أقل إذا لم يكن الحقل معدوماً بل كانت له قيمة ثابتة مختلفة عن الصفر. وبلغه التشبيه بالوادي مجازاً يكون أسفل الوادي بالنسبة إلى الحقول العادية في الموضع الذي يكون فيه الحقل معدوماً. أما بالنسبة إلى حقل هيگز فتكون للوادي

تشكله الإلكترونات أو الضوء، لكنه يختلف، على أية حال، عن جميع الحقول الكمومية الأخرى بثلاث طرق حاسمة الاختلاف الأول تقني بعض الشيء فلجميع الحقول خاصية تدعى سبين spin وهي كمية ذاتية للاندفاع الزاوي angular momentum يحملها كل من جسيماتها، فجسيمات مثل الإلكترونات لها سبين مقداره 1/2، ومعظم الجسيمات المرفقة بقوة ما، مثل الفوتون، لها سبين 1

لماذا ينتشر حقل هيگز في الكون كله؟ ما هو حقل هيگز؟

(واختصاراً SSM). يكون لكل جسيم من النموذج العياري في هذه النماذج ما يسمى بالقرين الفائق superpartner (لم يكتشف بعد) له خصائص مشابهة جداً ويحتاج الأمر في النموذج العياري الفائق التماثل إلى نوعين مختلفين على الأقل من حقول هيگز. والتأثيرات مع هذين الحقلين هي التي تعطي كتلة لجسيمات النموذج العياري. وهي تعطي كذلك بعض (ولكن ليس جميع) الكتلة للفرانز الفائقة. وتنشأ عن حقلي هيگز خمسة أنواع من بوزونات هيگز: ثلاثة منها متعادلة كهربائياً واثنان مشحونان. ومن الممكن لكتل الجسيمات المدعوة نيوتريـنوهات neutrinos، وهي كتل صغيرة جداً مقارنة بكتل الجسيمات الأخرى، أن تنشأ بصورة غير مباشرة غالباً عن هذه التأثيرات، أو عن نوع ثالث آخر من حقول هيگز

هضبة صغيرة في مركزه (حيث ينعدم الحقل) وأخفض نقطة في الوادي تشكل دائرة حول الهضبة [انظر المخطط في الصفحة المقابلة]. والكون، مثله مثل كرة، يستقر في مكان ما في هذا الخندق الدائري الذي يقابل قيمة غير معدومة للحقل. أي إن الكون، في حالته الطبيعية ذات الطاقة الأكثر انخفاضاً، ينتشر فيه حقل هيگز غير معدوم

والصفة الأخيرة الميزة لحقل هيگز هي شكل تأثيراته مع الجسيمات الأخرى، فالجسيمات التي تتأثر مع حقل هيگز تسلك كما لو أن لها كتلة متناسبة مع حاصل ضرب شدة الحقل في شدة التأثير. وتنشأ الكتل عن حدود دالة لكرانجيان التي تكون فيها الجسيمات متأثرة مع حقل هيگز لا يزال فهمنا لكل هذا غير كامل على

أما بوزونات هيگز (وهي جسيمات حقل هيگز) فلها سبين 0 ووجود هذا الأخير (سبين 0) يمكن حقل هيگز من الظهور في دالة لكرانجيان بطرق تختلف عنها بالنسبة إلى الجسيمات الأخرى، وهذا بدوره يتيح - ويؤدي إلى - خاصتيه الأخرين المميزتين له.

تفسر الخاصية الثانية الفريدة لحقل هيگز كيف أن شدته ليست صفراً في جميع أنحاء الكون، وتوضح سبب ذلك. فكل منظومة، بما في ذلك الكون، تهوي إلى حالة الطاقة الدنيا لها، مثل كرة تتدحرج نازلة إلى قاع الوادي. وبالنسبة إلى الحقول المألوفة، مثل الحقول الكهرمغنطيسية التي توفر لنا البث الإذاعي، تكون حالة الطاقة الدنيا هي تلك التي تكون فيها الحقول معدومة القيمة

نظرة إجمالية/فيزياء هيگز

■ تبدو الكتلة خاصية عادية من خصائص المادة ولكنها في الواقع غامضة بالنسبة إلى العلماء من عدة نواح: أولاً كيف تكتسب الجسيمات الأولية كتلة، ثم لماذا يكون لها هذه الكتلة

■ سوف تساعد الأجوبة عن هذه الأسئلة النظريين على استكمال النموذج العياري لفيزياء الجسيمات وتوسيعه، هذا النموذج الذي يصف الفيزياء التي تحكم الكون. ويمكن للنموذج العياري الموسع أن يساعد أيضاً على حل أحجية المادة الخفية التي تشكل نحو 25 في المئة من الكون.

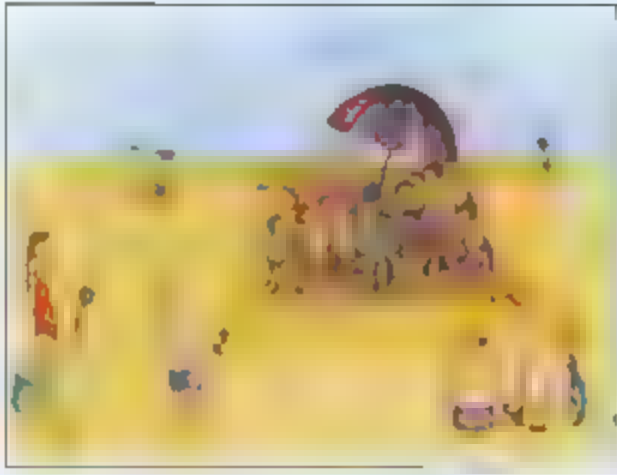
■ تقضي النظريات بأن الجسيمات الأولية تكتسب كتلة بواسطة التأثير مع حقل كمومي منتشر في الوجود المادي كله. ويمكن للتجارب التي تجرى في مسرعات الجسيمات أن تكشف قريباً الدليل المباشر على وجود هذا الحقل الذي يسمى حقل هيگز.

Overview / Higgs Physics (١)

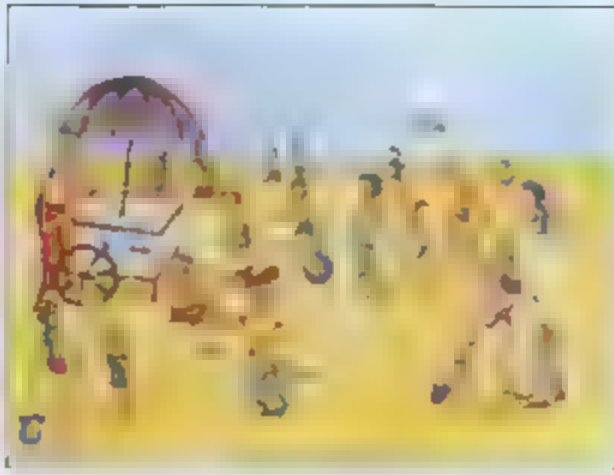
(١) [انظر The Dawn of Physics beyond the Standard

Model, by Gordon Kane, Scientific American, June 2003

كيف يولد حقل هيگز الكتلة



.. ويتأثر مع الأطفال الذين يمتطون سيره - كما لو أنه يكتسب «كتلة»



ويشبه الجسم الذي يعبر تلك المنطقة الفضاء بانع الملجبات الذي يصل



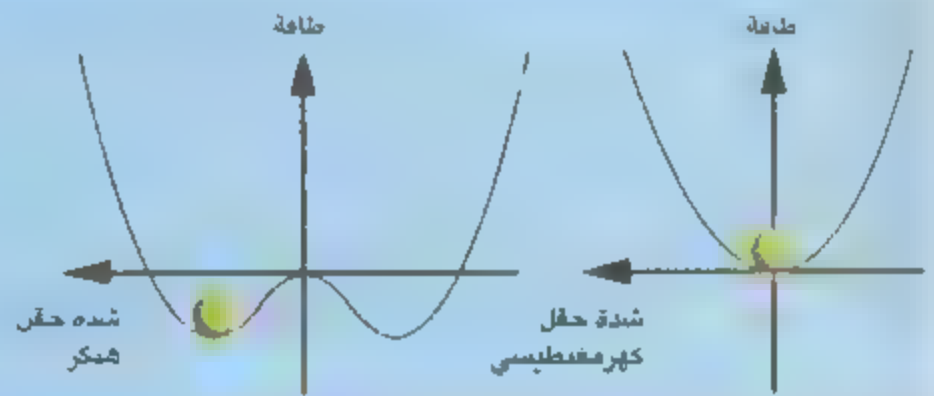
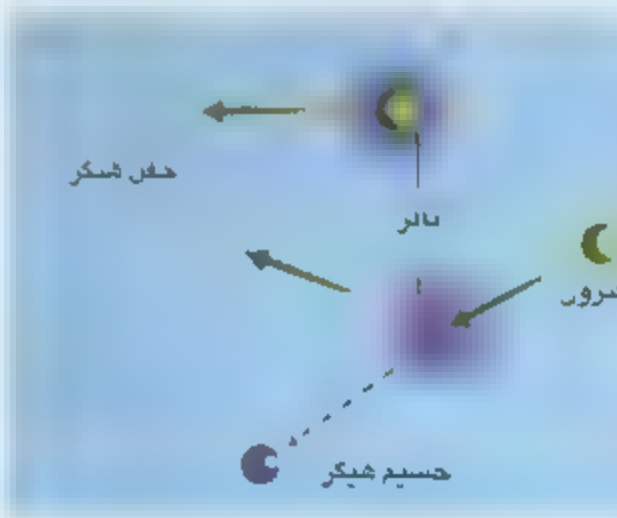
يشبه الفضاء «الخالى» المملوء بحقل هيگز شاطئاً ممثلنا بالأطفال.

التسبب في ظاهرتين

يسبب التأثير نفسه ظاهرتين مختلفتين تماماً - اكتساب الجسم كتلة (في الأعلى) وإنتاج بوزون هيكر (في الأسفل). وسوف تكون لهذه الحقيقة فائدة عظيمة في اختبار نظرية هيگز بواسطة التجارب

انتشار في الوجود المادي

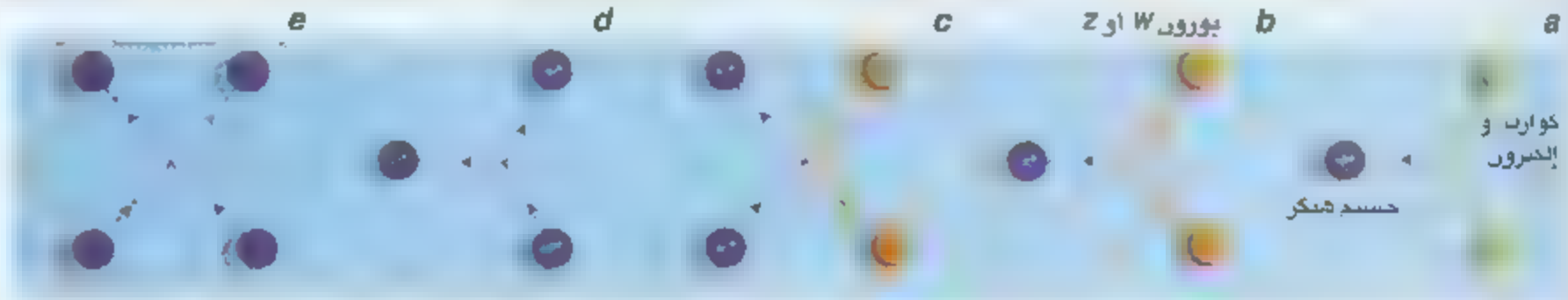
الحقل العادي، مثل الحقل الكهرمغناطيسي، تكون طاقته الدنيا عند شدة الحقل المعدومة (في اليمين). والكون مثل كرة كانت تتدحرج ثم سكنت في قعر الوادي - أي إنه استقر عند شدة الحقل المعدومة. أما حقل هيگز، على العكس من ذلك، فله طاقة دنيا عند شدة حقل غير معدومة، و«الكرة» تسكن عند قيعه لا تساوي الصفر (في اليسار). وعلى هذا فالكون، في حالته الطاقية الدنيا الطبيعية، ينتشر في حقل هيگز الذي قيمته غير معدومة.



التأثر مع جسيمات أخرى

تمثل مخططات القوة المسماة «مخططات فينمان» Feynman diagrams كيفية تأثر جسيم هيگز مع جسيمات أخرى. ويمثل المخطط (a) جسيماً مثل الكوارك أو الإلكترون وهو يصدر أو يمتص جسيم هيگز (مرسوم). وبين المخطط (b) العملية المناظرة بالنسبة إلى بوزون W أو Z ويمكن للبوزونين W و Z أن يتأثرا كذلك أيضاً مع جسيماً هيگز كما هو مدين في المخطط (c) الذي يمثل أيضاً بعثرة W أو Z لجسيم هيگز (أو تصادمهما معه إن صح

القول). إن التأثيرات الممثلة بواسطة المخططات من (a) إلى (c) هي أيضاً المسؤولة عن توليد كتل الجسيمات. فجسيم هيگز يتأثر كذلك مع نفسه كما هو ممثل في المخططين (d) و (e). ويمكن بناء عمليات أكثر تعقيداً بواسطة ربط نسخ من هذه المخططات الأولية ببعضها ببعض. والتأثران الموصحان في المخططين (d) و (e) مسؤولان عن شكل المنحني البياني للطاقة (في الأعلى إلى اليمين)



تقييم كوني

تفسر نظرية حقل هيكر كيف تكتسب الجسيمات الأولية، وهي أصغر لبنات الكون، كتلتها. لكن البنية هيكر ليست المصدر الوحيد للكتلة-الطاقة في الكون [نشير «الكتلة-الطاقة» إلى كل من الكتلة والطاقة المرتبطتين بعلاقة أينشتاين $E = mc^2$]

يوجد نحو 70 في المئة من الكتلة-الطاقة في الكون على شكل ما يسمى بالطاقة الخفية dark energy والتي لا ترتبط مباشرة بالجسيمات، والنشر الرئيسي على وجود الطاقة الخفية هو أن تمدد الكون متسارع وتعتبر الطبيعة الدقيقة للطاقة الخفية من أكثر المسائل العميقة التي لا تزال مفتوحة في الفيزياء⁽¹⁾

أما كتلة-طاقة الكون المتبقية والتي تشكل 30 في المئة فتأتي من المادة، من الجسيمات التي لها كتلة وأكثر أنواع المادة شيوعاً هي البروتونات والنيوترونات والإلكترونات التي تشكل النجوم والكواكب والماس وكل ما نراه. وتوفر هذه الجسيمات نحو سدس مادة الكون أو نحو 4 إلى 5 في المئة من الكون كله. وكما هو مشروح في النص الرئيسي لهذه المقالة فإن معظم هذه الكتلة ينشأ عن طاقة حركة الكواركات والكلونات الدائرة داخل البروتونات والنيوترونات ويأتي إسهام أصغر في مادة الكون من الجسيمات المدعوة نيوتريونات، والتي تضم ثلاثة أنواع إن النيوتريونات كتلة إلا أنها صغيرة إلى

حد مدهل، ولم يتم قياس الكتلة المطلقة للنيوتريونات بعد، لكن البيانات الموجودة تصع لها حداً أعلى - فهي أقل من نصف في المئة من الكون وبقيّة المادة جميعها تقريباً - نحو 25 في المئة من مجمل كتلة-طاقة الكون - هي مادة لا نراها، تدعى المادة الخفية ونستنتج وجودها من آثارها الثقالية على ما نراه. ولا نعرف بعد ما هي هذه المادة الخفية بالفعل، لكن هناك آراء جيدة مطروحة، والتجارب تجري لاختبار مختلف الأفكار [انظر: «البحث عن المادة المغممة»، العلوم، العددان 9/8 (2003)، ص 50]. يجب أن تكون المادة الخفية مؤلفة من جسيمات كبيرة الكتلة لأنها تشكل

كوارك «سطي» -

بروتون



معظم المادة المرئية محصورة في البروتونات والنيوترونات وكل من هذين النوعين من الجسيمات يتألف من كواركات وكلونات تدور وتلف. ومعظم كتلة البروتون أو النيوترون تأتي من طاقة حركة الكواركات والكلونات.

تجمعات حجمها بحجم المجرة تحت تأثيرات قوة الثقالة وهناك عدد من السررات تحلها سيسبح المادة الخفية لا يمكن أن تكون مؤلفة من أي من جسيمات النموذج العياري المألوفة

والجسيم الأول المرشح للمادة الخفية هو القرن الفائض الأخف [LSP] الذي جرى الحديث عنه بتفصيل أكثر في النص الرئيسي لهذه المقالة. ويأتي القرن الفائض الأخف في توسعات النموذج العياري المسماة النماذج العيارية الفائقة التماثل. ويعتقد أن كتلة الجسيم LSP تبلغ نحو 100 ضعف من كتلة البروتون وكان قد تبين للنظرين أن الجسيم LSP هو مرشح جيد للمادة الخفية قبل أن يعرف الكوسمولوجيون أنه يلزم نوع جديد من المادة الأساسية لتفسير المادة الخفية

الكون

طاقة خفية



توجد كتلة حلقة الكون بصورة رئيسية في أربعة أصاط غريبة: الطاقة الخفية الغامضة التي تسبب تسارع تمدد الكون، والمادة الخفية غير المرئية التي يمكن كشفها بواسطة آثارها الثقالية، والمادة المرئية والنيوتريونات.

هيكز: فقد أجرت التجارب في المصادم LEP عدداً من القياسات الدقيقة يمكن ضمها إلى قياسات مشابهة من التيفاترون ومن المصادم في مركز المسرع الخطي في ستانفورد ولا تتفق مجموعة البيانات جميعها اتفاقاً جيداً مع النظرية إلا إذا أدخلت تأثيرات معينة للجسيمات مع أخف بوزون من بوزونات هيكز، وإلا إذا لم يكن هذا البوزون أثقل بنحو 200 مرة من كتلة البروتون. وهذا يوفر للباحثين حداً أعلى لكتلة بوزون هيكز مما يساعد على تركيز البحث.

وبالنسبة إلى السنوات القليلة المقبلة فإن المصادم الوحيد الذي يمكنه أن يعطي دليلاً مباشراً على وجود بوزونات هيكز هو التيفاترون. فطاقته تكفي لاكتشاف بوزون هيكز في المدى الكتلي الذي حدده الدليل غير المباشر من المصادم LEP، وذلك إذا تمكن من التوصل إلى الشدة الثابتة للحزمة التي كان يتوقع له أن ينتجها، والتي لم يمكن التوصل إليها حتى الآن. ومن المخطط له أن يبدأ المصادم LHC والذي تفوق طاقته سبع مرات طاقة التيفاترون والمصمم أن تكون شدته أكبر بكثير، بإعطاء البيانات عام 2007. سيكون هذا المصادم مصنعاً لبوزونات هيكز (بمعنى أنه سوف ينتج العديد من الجسيمات كل يوم). إذا افترضنا أن المصادم LHC سيعمل كما هو مخطط له، فإن جمع البيانات ذات الصلة وتعلم كيفية تفسيرها سيستغرق سنة أو اثنتين. أما إجراء كامل الاختبارات التي تبين بالتفصيل أن التأثيرات مع حقول هيكز هي التي تسبب الكتلة فسوف يحتاج إلى مصادم إلكتروني-بوزيتروني إضافة إلى المصادم LHC (الذي يصادم البروتونات) والتيفاترون (الذي يصادم البروتونات والبروتونات المضادة).

المادة الخفية⁽²⁾

إن تختبر المكتشفات حول بوزونات هيكز ما إذا كانت البنية هيكر توفر الكتلة محسب، وإنما سوف تشير أيضاً إلى الطريقة التي يوسع بها النموذج العياري لكي يحل مسائل

A Cosmic Stocktaking (١)

Dark Matter (٢)

(١) [انظر: "A Cosmic Conundrum"

by Lawrence M. Krauss - Michael S. Turner

[Scientific American September 2004]

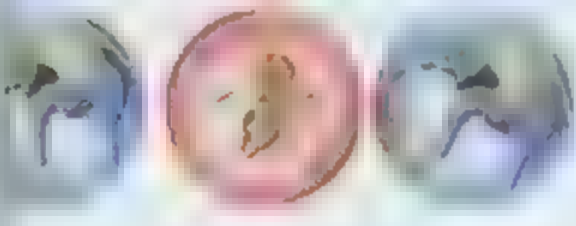
وفيما يتعلق بالمادة الخفية، فإن الجسيم الأساسي في النظرية SSM هو القرين الفائق الأخف (LSP) lightest superpartner ومن بين القرائن الفائقة لجسيمات النموذج العياري المعروفة والتي تنبأت بها النظرية SSM فإن القرين LSP هو الجسيم ذو الكتلة الأخفض وتتفك معظم القرائن الفائقة في الوقت المعين إلى قرائن فائقة ذات كتل أقل، وتنتهي سلسلة التفككات بالجسيم LSP المستقر لأنه ليس هناك جسيم أخف منه يتفكك إليه (حين يتفكك قرين فائق فإن أحد نواتج التفكك على الأقل يجب أن يكون قرينا فائقا آخر ولا ينبغي أن يتفكك إلى جسيمات النموذج

ولكننا لن نتمكن من معرفة كيفية عملها بالتفصيل ما لم تكن لدينا بيانات حول القرائن الفائقة نفسها ومن المتوقع الحصول على مثل هذه البيانات من المصادم LHC أو ربما حتى من التيفاترون

يمكن أيضا أن تنشأ كتل نيوترينو عن تأثيرات مع حقول هيگز إضافية أو مع حقول تشبه حقول هيگز بطريقة مشوقة جدا. لقد افترض في الأصل أن النيوترينوهات معدومة الكتلة، لكن منذ عام 1979 تنبأ النظريون بأن لها كتلا صغيرة، وعلى مدى العقد الماضي أثبتت عدة تجارب مثيرة للإعجاب هذه التنبؤات [انظر: «حل مشكلة النيوترينو الشمسي»، العددان 9/8 (2003)،

مسألة الأسرة (العائلة) family problem فقد مبن الفيزيائيون على مدى نصف القرن الماضي أن العالم الذي نراه، من الناس، الارهار الى الحوم، مبني من ستة جسيمات فقط من ثلاثة جسيمات مادية (كواركات) علوية وكواركات سفلية (الكترونات) وهر كمّي قوة (فوتونات وكلوونات) ومن بوزونو هيگز - وهذا وصف رائع وبسيط لدرج مدهشة. إلا أن هناك إضافة إلى ذلك أريد كواركات أخرى وجسيمين آخرين شبيهة بالإلكترون وثلاثة نيوترينوهات وهر جميعها ذات عمر قصير جدا أو أنها تتفك بالكام مع الجسيمات الستة الأخرى ويمكن أن تصنف في ثلاث عائلات، علوي، سفلي

لقد رصد المصادم الإلكتروني-البوزيتروني الكبير دليلا ختارا على وجود جسيم هيگز.



ص [40]. إن كتل النيوترينوهات أقل من جزء من المليون من كتلة أصغر الجسيمات كتلة وهي كتلة الإلكترون، ولما كانت النيوترينوهات متعادلة كهربائيا فإن الوصف النظري لكتلها أكثر حداقة منه بالنسبة إلى الجسيمات المشحونة، فهناك عدة عمليات تسهم في كتلة كل من أنواع النيوترينو، ولأسباب فنية فإن قيمة الكتلة الفعلية تنشأ عن حل معادلة بدلا من مجرد جمع الحدود

وهكذا نكون قد فهمنا الطرق الثلاث التي تنشأ بوساطتها الكتلة، يأتي الشكل الرئيسي المؤلف لدينا للكتلة - كتلة البيروتونات والنيوترونات، ومن ثم الذرات - من حركة الكواركات المرتبطة بالبيروتونات والنيوترونات، فكتلة البيروتون تبقى هي نفسها تقريبا حتى من دون حقل هيگز. أما كتل الكواركات نفسها وكتلة الإلكترون فهي ناشئة عن حقل هيگز وهذه الكتلة يمكن أن تستفي من دون هذا الحقل وأخيرا، وبالتأكيد ليس أخرا، فإن معظم مقدار كتل القرائن الفائقة، ومن ثم كتلة جسيم المادة الخفية (إذا كان بالفعل هو القرين الفائق الأخف) تأتي من تأثيرات إضافية غير تأثير هيگز الأساسي وأخيرا لننظر في أمر يعرف باسم

العياري كليا) يجب أن تكون الجسيمات القرائن الفائقة قد وجدت في وقت مبكر في الانفجار الأعظم لكنها سرعان ما تفككت إلى الجسيمات LSP والجسيم LSP هو المرشح الرئيسي للمادة الخفية

يمكن لبوزونات هيگز أن تؤثر مباشرة أيضا في كمية المادة الخفية في الكون فنحن نعلم أن كمية الجسيمات LSP حاليا ينبغي أن تكون أقل من الكمية التي كانت موجودة بعد الانفجار الأعظم بقليل، لأن بعضها لا بد أن يكون قد تصادم وفني متحولا إلى كواركات وليتونات وفوتونات، وربما كانت الجسيمات LSP المتأثرة مع بوزونات هيگز هي المسيطرة على معدل الفناء

وكما ذكرنا أنفا، فإن حقلي هيگز الأساسيين في النماذج SSM يعطيان لجسيمات النموذج العياري كتلة، كما يعطيان بعض الكتلة للقرائن الفائقة مثل LSP وتكتسب القرائن الفائقة سريدا من الكتلة بوساطة التأثيرات الإضافية التي يمكن أن تحدث مع حقول هيگز أخرى أو مع حقول مماثلة لحقول هيگز ويوجد لدينا نماذج نظرية لكيفية حدوث هذه العمليات،

نيوترينو الإلكترون، الإلكترون ثم فائر عريب، بيوتربنو المسور، المبور واحير نروي، قعري، نيوترينو القاو، تار وللجسيمات في كل عائلة تأثيرات مماثلة لتلك التي للجسيمات في العائلات الأخرى. وهي تختلف فقط في أن تلك التي في العائلة الثانية تكون أثقل من تلك التي في العائلة الأولى، وتلك التي في العائلة الثالثة تكون بدورها أثقل ونظرا لأن هذه الكتلة تنشأ عن التأثير مع حقل هيگز فإنه ينبغي أن تكون للجسيمات تأثيرات مختلفة مع هذا الحقل

وعلى هذا فإن مسألة العائلة ذات شطرين: لماذا توجد ثلاث عائلات في حين أنه يبدو أن واحدة فقط تلزم لوصف العالم الذي نراه؟ ولماذا تختلف العائلات عن بعضها بالكتلة، ولماذا لها هذه الكتلة؟ ربما لا يكون جليا لماذا يدهش الفيزيائيون من أن الطبيعة تحتوي على ثلاث عائلات متماثلة تقريبا على الرغم من أن واحدة منها كافية السبب في ذلك أننا نرغب في أن نفهم فهما كاملا قوانين الطبيعة والجسيمات والقوى الأساسية ونتوقع أن يكون كل مظهر من مظاهر القوانين الأساسية ضروريا

مختلفة وعلى الرغم من أن نظريتي الأوتار لم يحلوا بعد تماما مسألة وجود ثلاث عائلات فإنه يبدو أن النظرية تمثلت البنية الصحيحة لتوفير حل. تتيح نظرية الأوتار العديد من البنى العائلية وحتى الآن لا يعرف أحد لماذا تختار الطبيعة البنية التي نرصدها دون غيرها . ويمكن أن يوفر وجود بيانات عن كتل الكواركات والليبتونات وعن كتل أقرانها الفائقة دلائل مهمة تفيدنا في فهم نظرية الأوتار

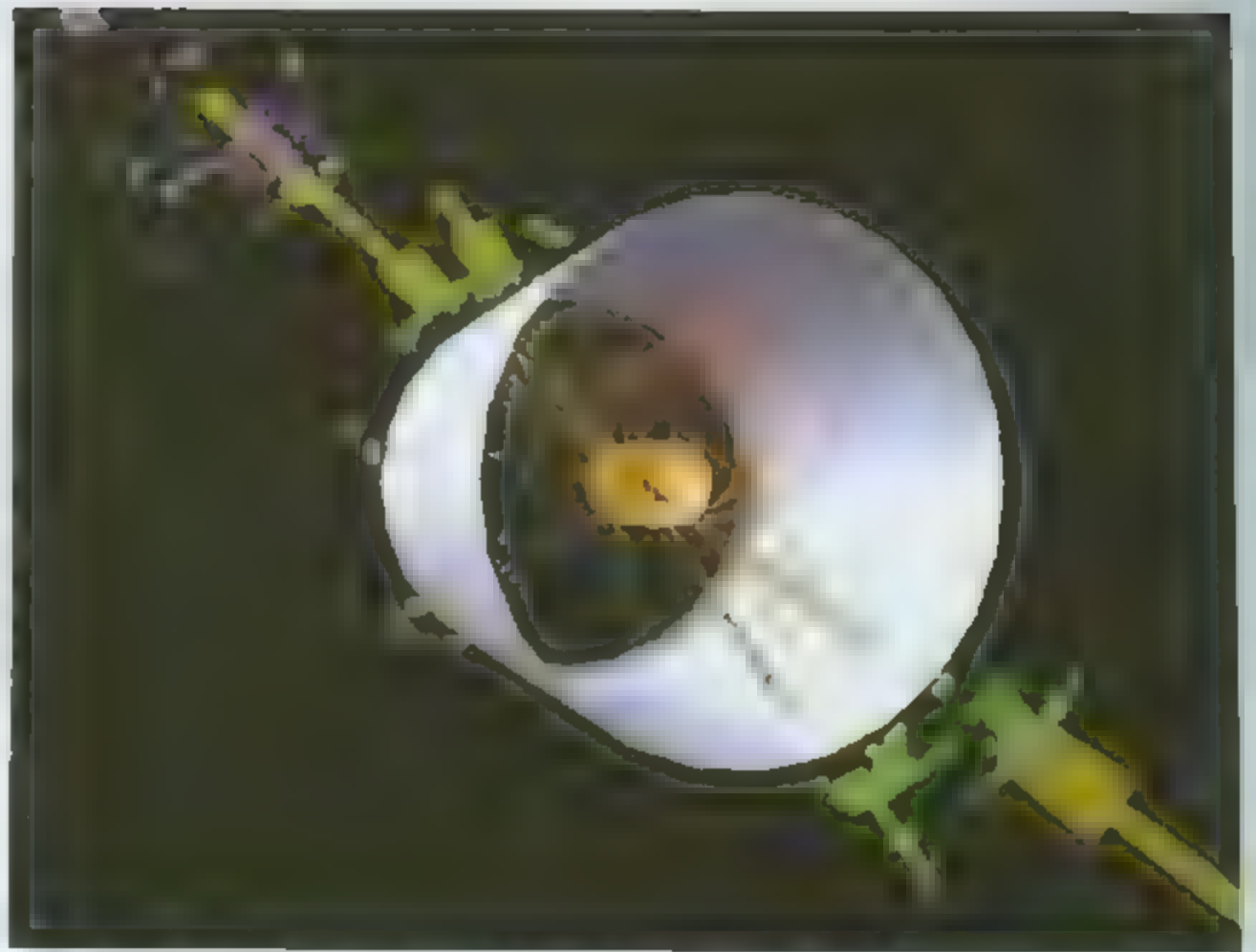
بإمكان المرء الآن أن يفهم لماذا استغرق الأمر تاريخيا كل هذا الوقت لنبدأ بفهم الكتلة. فمن دون فيزياء جسيمات النموذج العياري، ومن دون تطور نظرية الحقل الكمومية لوصف الجسيمات وتأثيراتها، لم يكن بإمكان الفيزيائيين حتى أن يصوغوا الأسئلة الصحيحة وفي حين أن أصول الكتلة وقيمتها ليست بعد مفهومة تماما إلا أنه من المرجح أن الإطار اللازم لفهمها موجود. لم يكن فهم الكتلة ممكنا قبل وجود نظريات مثل النموذج العياري وامتداده الفائق التماثل ونظرية الأوتار. وليس من الواضح بعد ما إذا كانت ستوفر بالفعل الجواب الكامل. لكن الكتلة أصبحت الآن موضوع بحث روتيني في فيزياء الجسيمات ■

Lynda R. A. F. (1996)

The String Theory and the

by Stephen B. (1996) Perseus

Scientific American September 2000



ربما يكون جسيم هيكل قد أحدث حين تصادم يورينرون والكثرون عاليا الطاقة في المكشاف L3 بالمصادم الإلكتروني البوزيتروني الكبير في المركز CERN. تمثل الخطوط مسارات الجسيمات. وتصور اللطحات الخضراء والأرجوانية والرسم المياني histogram ذو اللون الذهبي مقادير الطاقة التي تودعها لجسيمات المنتشرة من التفاعل في طبقات المكشاف. ولا يستطيع الفيزيائيون أن يستنتجوا ما إذا كانت جسيمات هيكل موجودة في بعض التفاعلات أم أن جميع البيانات كانت ناتجة من تفاعلات أخرى حدثت لتخفي إشارة هيكل، إلا بعد صم الكثير من مثل هذه الأحداث

حقل هيكل بين العائلات. ففي نظرية الأوتار يمكن أن توجد عائلات مكررة ولكنها غير متطابقة وتصف الاختلافات بينها الخصائص التي لا تؤثر في القوى الشديدة والضعيفة والكهرمغناطيسية والثقاسية، وإنما تؤثر في التأثيرات مع حقول هيكل التي تتلام مع وجود ثلاث عائلات ذات كتل

والهدف إذا هو أن تكون لدينا نظرية تنشأ فيها جميع الجسيمات وسم كتلتها بصورة محتومة من دون افتراضات مفترضة خصيصا حول قيم الكتل ومن دون تعديل الوسطاء فإذا كان وجود ثلاث عائلات أمرا أساسيا فإن في هذا مؤشرا لايزال مغزاه غير مفهوم حتى الآن

ربط الأمور جميعها معا

بإمكان النموذج العياري والنظرية SSM أن يستوعبا البنية العائلية المرصودة ولكنهما لا يستطيعان تفسيرها. وهذه إقادة قوية. ليس الأمر في أن النظرية ١٩٧١ لم تفسر بعد البنية العائلية وإنما في أنها لا تستطيع ذلك وبالسبب إلي، فإن أكثر ما يثير في نظرية الأوتار ليس فقط أنها يمكن أن توفر لنا نظرية كمومية لجميع القوى. وإنما كذلك لأنها يمكن أن تخبرنا عن ماهية الجسيمات الأولية والسبب في وجود ثلاث عائلات وتبدو نظرية الأوتار قادرة على معالجة مسألة لماذا تختلف التأثيرات مع

Gordon Kane

متخصص في بنية الجسيمات وهذه أسئلة العميقة في جامعة مينسيكا بـ أوبر يعمل «كبي» على اكتشاف طرق لاحتمال النموذج العياري الجسيمات ونوسعه وبصورة خاصة بدس فيزياء هيكل ونوسعات النموذج العياري التماثل والكوسمولوجيا مع التركيز على لربط بين العنصرية والنجرة وقد أكد حدث على صم هذه الموضوعات مع بديلة «دينا» وعلى دراساته متاح ذلك على بحار المصادمات

مراجع للاستزادة

The Particle Garden. Gordon Kane. Perseus Publishing, 1996

The Little Book of the Big Bang: A Cosmic Primer. Craig J. Hogan. Copernicus Books, 1998

Mass without Mass II: The Medium Is the Mass-age. Frank Wilczek in *Physics Today*, Vol. 53, No. 1, pages 13-14, January 2000.

Supersymmetry. Unveiling the Ultimate Laws of Nature Gordon Kane Perseus Publishing, 2001

An excellent collection of particle physics Web sites is listed at particleadventure.org/particleadventure/other/othersites.html

Scientific American July 2005

هل كانت الأرض باردة في بداية تكونها؟

قد يكون خاطئاً ما يتردد في الكتب الدراسية حول أن الأرض كانت مشبعة بالصهارة على مدى نصف البليون سنة الأولى منذ نشأتها. فربما تبرد سطحها بسرعة مما أتاح تشكّل المحيطات وطلائع القارات وبزوغ الحياة في وقت أبكر بكثير.

<W. J. فالي>

في بداية تكونها منذ 4.5 بليون سنة، تألفت الأرض وكانها نجم خافت وتدفقت على سطحها محيطات من الصهارة magma المتوهجة الصفراء-البرتقالية اللون، تلت تصادمات متكررة من جلاميد هائلة، بعضها بحجم كوكب صغير، تدور في فلك الشمس الحديثة الولادة. وقد نجم عن تصادم كل من هذه الأجسام بكوكب الأرض، بسرعة تبلغ في المتوسط 75 مرة سرعة الصوت، حروق في سطحها - تمثلت بتحطيم وانصهار وحتى تبخر في مناطق التماس

وفي مرحلة مبكرة غاص الحديد، بفعل كثافته العالية، من محيطات الصهارة متجها نحو الأعماق ليشكل اللب الفلزّي للأرض، ومحرراً ما يكفي من الطاقة التناقلية "لصهر الكوكب برمته ثمة نيازك ضخمة كانت تصطدم بالأرض باستمرار في أثناء مئات ملايين السنين الأولى، فجّر بعضها السطح مولداً فوهات ارتطام يتجاوز قطرها 1000 كيلومتر. وفي الوقت نفسه، ونتيجة لتحلل العناصر المشعة، تولدت حرارة بمعدلات تفوق ستة أضعاف تلك التي تولدها حالياً

وكان لابد من أن تخبو هذه الظروف الملتهبة قبل أن تتصلب الصخور المنصهرة لتشكل القشرة الأرضية، وقبل أن تتكوّن القارات، وقبل أن يتحول الغلاف الجوي الكثيف المشبع ببخار الماء إلى ماء سائل، وقبل أن تنشأ الحياة البدائية الأولى ويتمكن من البقاء. ولكن ما سرعة تبرد سطح الأرض بعد مولدها الضيائي؟ يعتقد معظم العلماء أن

البيئة الجحيمية استمرت على مدى 500 مليون عام، هي المعروفة باسم حقبة «الهاديان» Hadean. ويأتي الدعم الأساسي لهذا الرأي استناداً إلى الغياب الظاهري لصخور سليمة (بقيت على حالها الأصلية) intact rocks يتجاوز عمرها أربعة بلايين سنة. وكذلك استناداً إلى عمر أولى الإشارات إلى الحياة الأحفورية التي هي أحدث من ذلك بكثير

ومع ذلك، عثر الجيولوجيون - بما في ذلك مجموعتي البحثية من جامعة وسكونسين بماديسون - في السنوات الخمس الماضية على بضع عشرات من بلورات الزركون zircon القديمة التي تتميز بتراكيب كيميائية أسهمت في تغيير أرائنا عن بداية كوكب الأرض. فالخصائص غير العادية لهذه المعادن المقاومة للبلّي - وهي بحجم النقطة في هذه الجملة - تمكّن بلورات المعادن هذه من أن تحتفظ، بصورة مذهلة، بإشارات قوية عن حالة البيئة في أثناء تكونها. فهذه الكبسولات الزمنية توفر أدلة على أن المحيطات التي احتضنت الحياة البدائية، وربما القارات أيضاً، ربما نشأت قبل 400 مليون عام من الزمن الذي اعتمد سابقاً

تبرد الأرض

منذ القرن التاسع عشر حاول العلماء تقدير سرعة تبرد الأرض، ولكن القليل منهم توقع أن يجد ليلاً قاطعاً فمع أن محيطات الصهارة توهجت في البداية بدرجات حرارة

تتجاوز 1000 درجة سيلزية، إلا أن اقتراحاً ختاراً^(١) يتمثل في كون الأرض البدائية كانت ذات مناخ أكثر اعتدالاً، جاء من حسابات ثيرموديناميكية، تشير إلى أن سطح القشرة ربما تصلب خلال عشرة ملايين سنة. وإثناء عملية تصلب الكوكب عزلت الصخور المتماسكة المترايدة السماكة محيطه الخارجي عن داخله حيث تسود في الأعماق درجات حرارة مرتفعة. فإذا كانت الأرض قد مرت بفترات هادئة بين الاصطدامات الكبرى للنيازك، وإذا كانت قشرة الأرض قد استقرت، وإذا كان الجو البدائي الحار لم يحبس كميات كبيرة من الحرارة، فقد كان بالإمكان حينئذ أن تنخفض الحرارة السطحية بسرعة إلى ما دون

درجة غليان الماء. وإضافة إلى ذلك فقد كانت الشمس البدائية باهتة وتصدر طاقة منخفضة نسبياً

ومع ذلك، يرى معظم الجيولوجيين أن الولادة الملتهبة غير المشكوك فيها والمؤشرات الضمنية في السجل الجيولوجي، تشير إلى

A COOL EARLY EARTH? (١)
Cooling Down (٢)
gravitational (٣)
tantalizing (٤)



تظهر كيفية تكون البنية التي نراها في الصخور
التي تتكون من حبيبات بلورية تتكون من
أحجار وعناصر حسب النصوص المعتاد للكثير من البنية

وفي عقد الثمانينات من القرن العشرين، بدأت بلورات زركون منفردة بإضافة معلومات جديدة عن الأرض الفتية، وذلك عندما أصبحت بضع حبات نادرة من الزركون وجدت في جاك هيلز Jack Hills وماونت ناريار Mount Narryer بفرب أستراليا أقدم المواد الأرضية المعروفة حينذاك، فقد قدر عمرها بنحو 4.3 بليون

السطح محدث الصخور التي تكونت سابقا كما أن أقدم الصخور المعروفة بمشبهها تحت الماء (ومن ثم هي بيئة باردة نسبيا) لم تتشكل إلا منذ 3.8 بليون سنة إن هذه الرسوبيات المتكشفة في أيسوا Isua بحوض عرب غرينلاند، تحوي أقدم أدلة الحياة [انظر «تساؤلات حول أقدم علامات الحياة»، العلوم، العددان 3/2 (2004)، ص 4]

إلى أن مناخا قاتق الحرارة ساد مدة طويلة فأقدم الصخور السليمة المعروفة التي عمرها 4 بلايين سنة، وهي الصخور المتحولة أكاستا Acasta في شمال غرب كندا، تشكلت عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض ولا تحمل معلومات عن الظروف التي كانت سائدة على السطح. ويعتقد معظم الباحثين أن الظروف الحسسية التي سادت على

سنة إلا أن المعلومات التي حملتها بلورات الزركون هذه بدت غامضة ويعود ذلك جزئياً إلى عدم تأكيد الجيولوجيين من طبيعة الصخرة الأم، فإثر تكونها، تكون بلورات الزركون شديدة المقاومة لدرجة أنها تتمكن من البقاء حتى بعد تكشف صخورها الأم على سطح الأرض ودمارها بفعل التجوية weathering والحت erosion

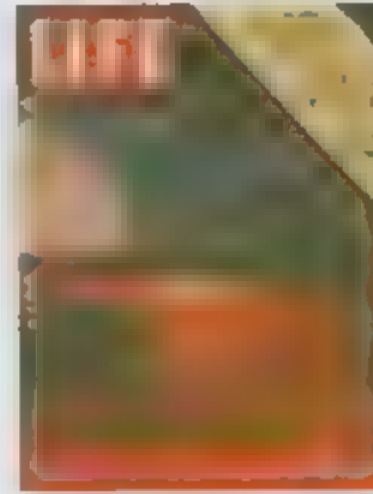
وتستطيع المياه والرياح بعد ذلك نقل الحبات التي بقيت إلى مسافات بعيدة قبل أن تندمج في رواسب من الرمال والحصى gravel، والتي قد تتصلب بعد ذلك إلى صخور رسوبية وقد عُثِر فعلاً على بلورات زركون جاك هيلز - التي قد يفصلها آلاف الكيلومترات عن مصدرها - في حاجر حصوي قديم

يطلق عليه اسم رصيص جاك هيلز Jack Hays condome etc

وعلى الرغم من الإثارة الناجمة عن العثور على مثل هذه الأجزاء البدائية من الأرض، فإن معظم العلماء، وأنا منهم، واصلوا قبول الرأي بأن مناخ كوكبنا الفتى هو بالفعل مناخ حقبة الهاديان. واعتباراً من عام 1999 أتاح التقدم التقني إجراء دراسة إضافية لبلورات الزركون القديمة من غرب أستراليا - متحدياً الرأي التقليدي حول بداية تاريخ الأرض

التعمق في البحث

لم تفش البلورات الأسترالية أسرارها بسهولة ويسر. وقد يرجع ذلك أولاً إلى كون جاك هيلز والمناطق المجاورة قفاراً مغبرة



منظر قديم لأرض فتية حارة (مجلة لايف 1952/128 Life magazine)

واقعة على حافة محطتي أغنام شاسعة تدعيان بيرينكارا Beringarra وميليورا Mileura توجدان على بُعد نحو 800 كيلومتر شمال بيرث Perth، أكثر المدن الأسترالية انعزالا. جرى ترسيب رصيص جاك هيلز منذ ثلاثة بلايين سنة وهو يشكل الحساء السميكة الغربية لمجموعات من التكويدات الصخرية التي يتجاوز عمرها 2.6 بليون سنة والحصول على أقل من ملء كشتبان من بلورات الزركون، قُسمت وزملائي بجمع مئات الكيلوغرامات من الصخور من هذه المنكشفات الصخرية النائية نقلت بعدها إلى المختبر لسحقها وفرزها، وكثنا نبحث عن حبات معينة من الرمل في الشاطئ

وبعد استخلاص البلورات من مصدرها الصخري صار بالإمكان تحديد عمرها: لأن بلورات الزركون تشكل ضابط وقت نموذجياً فإضافة إلى ديمومتها الطويلة تحتوي هذه البلورات على كميات ضئيلة من اليورانيوم المشع الذي يتحلل بمعدلات معروفة ليتحول إلى رصاص. فعندما يتكون الزركون في أثناء تصلب الصهارة تتحد ذرات الزركونيوم zirconium والسيليكون silicon مع الأكسجين بنسب محددة ($ZrSiO_4$) لتكوين بنية بلورية فريدة خاصة بالزركون. وأحياناً يتم التبادل مع اليورانيوم بمقادير ضئيلة للغاية ومن جهة ثانية، فإن ذرات الرصاص كبيرة لدرجة لا تسمح بالتبادل بسهولة مع أي من العناصر في الشبكة البلورية، لذا فإن الزركون يكون خالياً تماماً من الرصاص عند نشأته الأولى، وتبدأ ساعة اليورانيوم-رصاص بالعمل بعد تبلور الزركون مباشرة وهكذا،

فإن نسبة الرصاص إلى اليورانيوم تزداد - إردياد عمر البلورة ويمكن أن يحدد العمر بدقة عمر الزركون السليم undamaged وبدء تبلغ 1 في المئة، أي بدقة تعادل $40 \pm$ مليار سنة من عمر الأرض الفتية

وقد أصبح تحديد عمر جزء معين من إحدى البلورات ممكناً للمرة الأولى في أواخر عقد الثمانينات من القرن العشرين، عندما ابتكر <W> كومبستون وزملاؤه [من الجامعة الوطنية الأسترالية في كانبيرا] نوعاً خاصاً من المسبار الميكروي (المجهري) الأيوني ion microprobe، وهي آلة كبيرة للغاية تم تسميتها هزليا «شريمپ» SHRIMP، الاسم المختزل لمسبار ميكروي أيوني حساس ذي دقة عالية Sensitive High Resolution Ion Micro Probe. وعلى الرغم من أن معظم بلورات الزركون لا تكاد ترى بالعين المجردة، فإن المسبار الميكروي الأيوني المجهرى يطلق حزماً من الأيونات مركزة بصورة ضيقة للغاية لدرجة تجعلها قادرة على قذف عدد صغير من الذرات في أي جزء تسلط عليه من سطح الزركون ويتولى عندئذ مقياس الطيف الكتلي mass spectrometer قياس تركيب هذه الذرات بمقارنة كتلتها وقد كانت مجموعة «كومبستون» - التي تعمل مع <TR> بيدجيون، و<AS> وايلد و<J> باكستر [وجميعهم من جامعة كيرتين التكنولوجية في أستراليا] أول من حدد عمر زركون جاك هيلز في عام 1986

أثر اطلاعي على هذا الأمر، أجريت اتصالاً مع «وايلد» فوافق على إعادة التحريات المتعلقة بعمر زركون جاك هيلز كجزء من أطروحة دكتوراه لطالب لدي <HW> بيكن، وهو حالياً مدرس في جامعة كولكيت. وفي عام 1999 قام «وايلد» بتحليل 56 عينة لم يحدد عمرها بعد باستخدام جهاز شريمپ مطور، فوجد أن خمسا منها تتجاوز أعمارها أربعة بلايين سنة، ولدهشتنا الكبيرة كان عمر الأقدم منها 4.4 بليون سنة ومن الجدير بالذكر أن لبعض العينات من القمر والمريخ أعماراً مماثلة، أما النيازك فهي غالباً ما تكون أقدم عمراً، إلا أنه لم يتم العثور على أعمار كهذه في كوكبنا (ولم يتوقع ذلك). فالجميع تقريباً توقعوا أنه حتى

(*) Digging Deep

Overview 2007 Life Capstones

نظرة إجمالية/ كبسولات الزركون الزمنية

- لطالما اعتقد الجيولوجيون أن الظروف الملهبة لولادة كوكبنا قبل 4.5 بليون سنة حل محلها مناخ معتدل قبل نحو 3.8 بليون سنة.
- ويعتقد الآن، أن ثمة بلورات بالغة الصغر من معدن الزركون، تحتفظ بدليل واضح عن كيفية ورمس سبطنها، تشير إلى أن الأرض بردت في زمن أبكر بكثير - ربما قبل 4.4 بليون سنة
- إن بعض بلورات الزركون القديمة تحمل تراكيب كيميائية موروثة من المناطق الرطبة الداردة اللازمة لنشوء الحياة.



طبقة حصياء gravel (أحفورية في جاك هيلز (في الأعلى) تحتوي على أقدم زركون تم اكتشافه حتى الآن في العالم. وقام الجيولوجيون بسحق وفرز مئات الكيلوغرامات من هذه الصخور (في الأسفل) للعثور على عشرين بلورة تحمل إشارات على ظروف باردة قبل أربعة بلايين سنة



صخور قديمة يزيد عمرها على 2.5 بليون سنة تنكشف أو تقع تحت التربة مباشرة في عدة مواقع حول العالم (الأحمر)، بل لعلها مخفية تحت صخور أحدث عبر مناطق أكثر اتساعا (الوردي). وفي نهاية المطاف، يمكن - في مواقع أخرى - اكتشاف بلورات من الزركون قديمة قدم ما اكتشف في جاك هيلز بمرعب أستراليا.

تعريفاً، وقيمة δO^{18} للزركون في وشاح الأرض 5.3، بمعنى أنها تحوي O^{18}/O^{16} أكثر من مياه البحر.

لهذا توقعنا مع «بيك» أن نجد قيمة قريبة من 5.3 لو شاح الأرض البدائي، عندما أحدنا زركون جاك هيلز، بما في ذلك العينات الخمس الأقدم، إلى جامعة أدنبرة باسكتلندة في الصيف نفسه. فهناك ساعدنا «د. كريشن» و«د. كراهام» على استخدام نوع مختلف من المسبار الميكروي الأيوني يلائم بشكل خاص قياس نسب نظائر الأكسجين. وفي العقد الماضي كنا قد عملنا معاً مراراً لتحسين التقنية بحيث أصبحنا قادرين على تحليل عينات حجمها يعادل واحداً في المليون من حجم العينات التي كان بإمكاننا تحليلها في مختبري بوسكونسين. فبعد إجراء تحاليل على مدار الساعة طوال 11 يوماً مع ساعات نوم محدودة (وهذه تعتبر ظروفًا عادية لعملية كهذه)، أنجزنا القياسات فوجدنا أن تنبؤاتنا

Oldest Pieces of The Planet (4)
EVICHILL HILL OZ 4.4

0.2 في المئة من مجمل الأكسجين في الأرض) والأكسجين 16 (O^{16}) وهو النظير الشائع للأكسجين المؤلف من ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات ويشكل نحو 99.8 في المئة من مجمل الأكسجين). تدعى هذه الذرات النظائر المستقرة لأنها لا تخضع للتحلل الإشعاعي، ومن ثم لا تتغير تلقائياً مع مرور الزمن، بيد أن نسب O^{18} و O^{16} المندمجة في البلورة في أثناء تشكلها تتباين تبعاً لدرجة حرارة الوسط الذي تتشكل فيه. إن النسبة O^{18}/O^{16} معروفة بالنسبة إلى وشاح الأرض earth's mantle (غلاف سماكته 2800 كيلومتر يقع مباشرة أسفل القشرة القارية والمحيطية التي تراوح سماكتها بين خمسة و40 كيلومتراً). وللصهارة المتكونة في الوشاح نسبة نظائر الأكسجين نفسها تقريباً ولتبسيط الأمر يقوم الجيوكيميائيون بمعايرة هذه النسب بالرجوع إلى النسبة التي نجدها في مياه البحر ويتم التعبير عنها بالرمز دلتا (δ). فقيمة δO^{18} للمحيطات هي صفر

لو وجدت بلورات من الزركون كهذه الأكثر قدماً، فإن ظروف الهاديان الدينامية دمرتها وفي ذلك الحين لم نعلم مطلقاً بأن أكثر لاكتشافات إثارة سوف يظهر فيما بعد

أدلة عن محيطات قديمة

كنت وزميلتي «بيك» نبحث عن عينة محفوظة جيداً للأكسجين الأقدم في كوكب الأرض. فارتأينا أن نتحصى زركون غرب أستراليا الذي حله «وايلد». كنا نعلم أن بإمكان الزركون الاحتفاظ بأدلة لا تشمل فقط زمن تشكل الصخور المضيفة بل وكمية تشكلها. وبشكل خاص كنا نستخدم النسبة بين مختلف نظائر الأكسجين لتقدير درجة حرارة العمليات التي أدت إلى تشكل الصهارة والصخور.

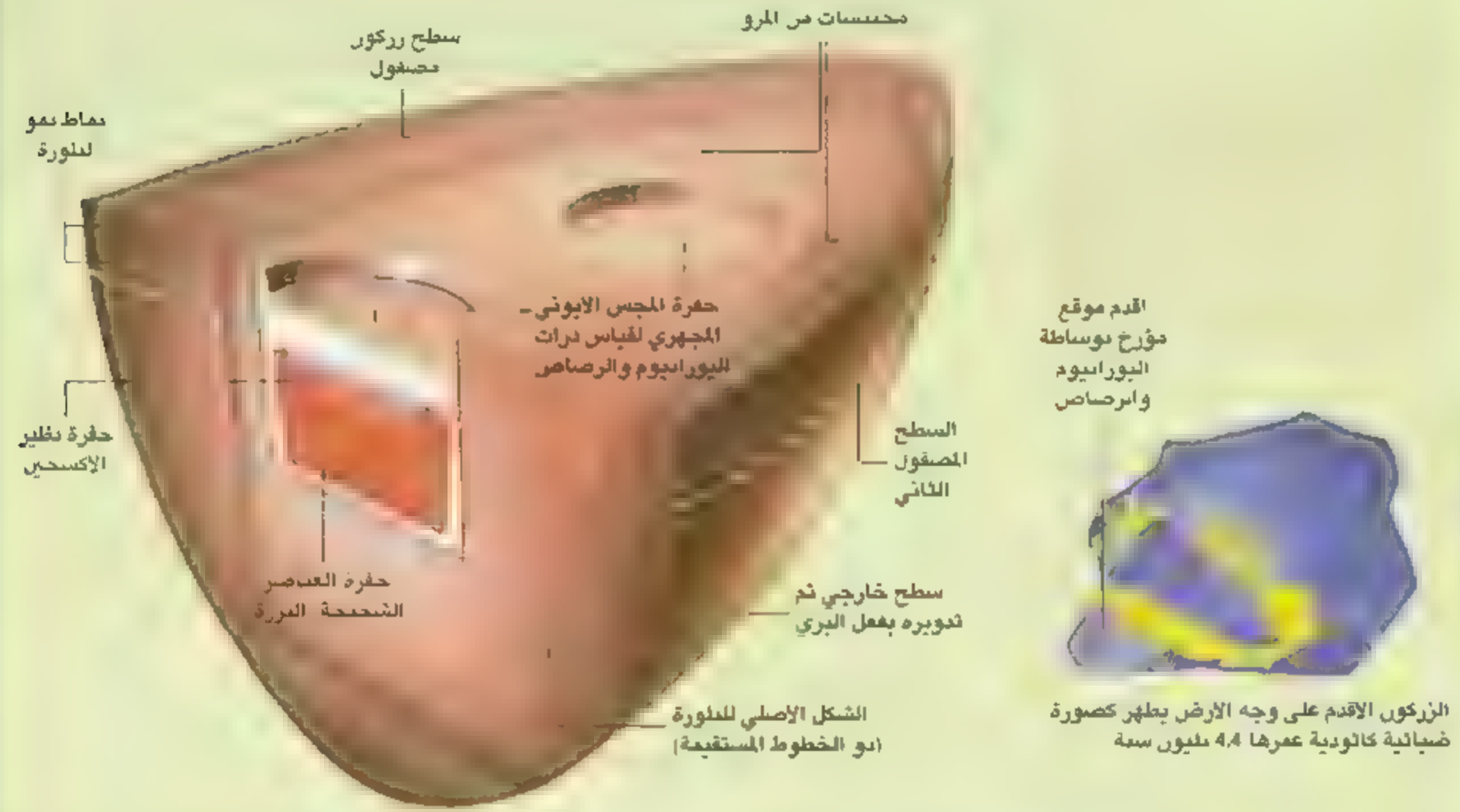
يقوم الجيوكيميائيون بقياس النسبة بين الأكسجين 18 (O^{18}) وهو نظير نادر مولد من ثمانية بروتونات وعشرة نيوترونات ويشكل

للزركون. وبكلام أبسط، فإن تواصل التحلل الإشعاعي لليورانيوم إلى رصاص يعني أنه كلما ازدادت كمية الرصاص بالنسبة إلى اليورانيوم كانت البلورة أكثر قدماً.

بعد ذلك يقوم الباحثون بجرح سطح البلورة لإظهار طبقة أكثر عمقا في البلورة، ولتكوين حفرة ثانية في مكان يطابق تماما وبدقة الموقع الأول مستخدمين لهذا الغرض المسبار الميكروي وذلك لقياس ذرات الأكسجين، أحد العناصر الثلاثة التي تكون الزركون إن النسبة بين نظائر معينة للأكسجين - أي ذرات من الأكسجين تتميز بكتل مختلفة - تظهر ما إذا كانت البلورة قد سجلت ظروفًا حارة أو باردة ويولد الباحثون حفرة ثالثة لقياس مقادير لعناصر إشعاعية (سرد) trace elements، وهي شوائب تشكل أقل من 1 في المئة من بنية البلورة وبعض هذه العناصر أكثر شيوعاً في القشرة القارية.

يستخلص العلماء من بلورة منفردة من معدن الزركون شواهد عدة حول البنية القديمة للأرض (المقطع الرئيسي في الأسفل). وهم يقومون أولاً بوضع الزركون في الإيبوكسي epoxy (نوع من الصمغ)، ومن ثم يعملون على جرح وتلميع البلورة لإظهار سطحها الأصلي.

ويتم الكشف على أنماط نمو الزركون واية شظايا صغيرة من المعادن التي تم احتواؤها أثناء نموه، باستخدام مجهر إلكتروني ماسح scanning. فعلى سبيل المثال إن أكثر المحتسبات شيوعاً في الزركون هو المرو الذي مصدره الغرانيت، وهو نوع من الصخور التي تميز القارات. يشكل مسبار ميكروي أيوني حفرة صغيرة بقذف الذرات على هذا السطح اللامع باستخدام حزمة مركزة من الأيونات، ثم يحدد أنواع الذرات بمقارنة كتلتها. ولتحديد عمر البلورة يقوم العلماء بقياس ذرات اليورانيوم والرصاص المحتجزة في البنية الذرية



مشهد أكثر قرباً

الزركون الأحمر (في اليسار). تم التقاط الصورة قرب انف الرئيس روزفلت على دايم (عملة أمريكية قدرها 10 سنتات) من أجل تعيين المقياس. يأتي الزركون الأحمر من عينة الصخور ذاتها التي وفرت أقدم بلورة في الأرض. وبإمكان المسبار الميكروي الأيوني، كالمجهر

المناح في مختبر مؤلف المقالة بجامعة وسكونسين في ماديسون (في أقصى اليسار) أن يحلل نسب النظائر أو العناصر الشحيحة (الفرقة) في بقعة حجمها يعادل 15/1 من قطر البلورات نفسها

كانت خاطئة، إذ إن قيم δO^{18} وصلت إلى 7.4
لقد صعدنا، ما الذي يمكن لهذه النسب
العالية لنظائر الأكسجين أن تعنيه؟ سيكون
الحواب واضحا لو كانت الصخور أحدث
عمرًا، وذلك بسبب توافر مثل هذه النسب في
الصخور الحديثة وثمة سيناريو نموذجي
بهذا الصدد يتمثل في أن الصخور المنتشرة
على سطح الأرض يمكن - تحت درجة حرارة
منخفضة - أن تكتسب نسبة مرتفعة من نظائر
الأكسجين إذا تأثرت كيميائيا مع مياه الأمطار
أو مياه المحيطات ومن ثم، فإن دفن هذه



الصخور ذات النسبة العالية من δO^{18}
وصهرها يؤدي إلى تشكيل صهارة تحتفظ
بهذه القيم المرتفعة التي تنتقل إلى الزركون
في أثناء تبلوره. وهكذا فإن ثمة حاجة إلى
توافر الماء السائل ودرجات الحرارة المنخفضة
على سطح الأرض لتكوين زركونات وصهارات
تتسم بقيم δO^{18} مرتفعة، ولا توجد عملية
معروفة أخرى قادرة على تحقيق ذلك
ويشير وجود نسب مرتفعة لنظير
الأكسجين في زركون جاك هيلز إلى أن الماء
السائل وجد على سطح الأرض قبل 400
مليون سنة، على أقل تقدير، من تشكل أقدم
الصخور الرسوبية المعروفة، أي صخور
إسبوا Isua في غرينلاند. وإذا صح ذلك،
فإن محيطات برمتها ربما كانت موجودة،
بحيث جعلت المناخ المبكر للأرض أشبه
بالسونا sauna منه بكرة نار الهاديان

أدلة قارية

هل يمكننا في الواقع أن نعتمد نتائج
بعيدة المدى كهذه حول تاريخ الأرض
استنادا إلى بضع بلورات بالغة الصغر؟ لقد
أرجئنا نشر النتائج لأكثر من سنة لكي
نتحقق مرة ثانية من تحاليلنا وفي غضون
ذلك، كانت مجموعات أخرى تجري أبحاثها

الخاصة في منطقة جاك هيلز - وقد أكد
نتائجنا <R.S. مويزيس> [من جامعة
كولورادو] مع زملائه [من جامعة كاليفورنيا
في لوس أنجلوس]، فنشرنا في عام 2001
مقالين تباعا توضحان ذلك

ويعد أن انتشرت اكتشافاتنا عن
الزركون في المجتمع العلمي كانت الإثارة
لمموسة. ففي عنف الاحترار المفرط لعالم
الهاديان لا يمكن أن تسلم عينة واحدة لكي
يتسنى دراستها من قبل الجيولوجيين. إلا
أن بلورات الزركون هذه أشارت إلى عالم

إن بلورات الزركون الصغيرة الحجم، ومصدرها غرب أستراليا، لم تبح بأسرارها بسهولة.

بوسائل أخرى غير شائعة حاليا، كان تكون
ذات صلة بارتطام نيزك ضخم أو بنشاط
بركاني نابع من مصدر عميق، ولكن أحدا
من العلماء لم يوفر دليلا مقنعا

وفي أثناء ذلك، توافرت معلومات عن
القشرة القارية من العناصر الشحيحة
(النزرة) (العناصر التي تتبادل في الزركون
بكميات لا تتجاوز نسبتها 1 في المئة). يحتوي
زركون جاك هيلز على تراكيز عالية من هذه
العناصر، كما يحتوي على أنماط من
عنصري اليورانيوم والسيريوم يشيع حدوثها
في أثناء تبلور القشرة، مما يعني أن الزركون
تكون قرب سطح الأرض وليس في الوشاح.
إضافة إلى ذلك فإن نسب النظائر المشعة
للنيوديميوم والهافنيوم - وهما عنصران
يستخدمان لتوقيت الأحداث المؤدية إلى تكون
القارات - تشير إلى أن مقادير ملموسة من
القشرة القارية تشكلت قبل 4.4 بليون سنة.

وقد وفر توزع بلورات الزركون القديمة
أدلة إضافية. إن نسبة الزركون الأكثر قدما
من أربعة بلايين سنة تزيد على 10% في
بعض العينات من جاك هيلز. كما أن سطوح
الزركون تشير إلى بري أو سحج abrasion
بدرجة عالية وتم تدوير زوايا أوجه البلورات
التي كانت حادة عند منشئها، مما يشير إلى

Continental C. 1995

مألوف أكثر اعتدالا فأتاحت الوسائل
اللازمة لإمالة اللثام عن أسرارها. فإذا كان
مناخ الأرض باردا لدرجة تسمح بظهور
محيطات مبكرة من الماء فقد ينبئنا الزركون
باحتمال وجود القارات وغيرها أيضا من
مظاهر الأرض المعاصرة. ولتقصي ذلك
تطلب الأمر أن ننظر بصورة أكثر قربا إلى
داخل كل من هذه البلورات.

فحتى أكثر بلورات الزركون صفرا
تحتوي على مواد أخرى تعلقت أثناء نمو
الزركون حولها. فهذه المحتبسات
inclusions في الزركون يمكن أن تكشف
الكثير عن مصدر البلورات، مثلما تكشفه
أنماط نمو البلورات والعناصر الشحيحة
(النزرة) trace elements فيها. وعندما قمت
مع «بيل» بدراسة بلورات الزركون البالغ
عمره 4.4 بليون سنة، وجدنا، على سبيل
المثال، أنها تحتوي على أجزاء من معادن
أخرى بما في ذلك المرو quartz. وقد كان
ذلك مدهشا لأن المرو نادر الوجود في
الصخور البدائية، وربما كان غير موجود في
القشرة الأولية للأرض. فمعظم بلورات المرو
تأتي من الصخور الغرانيتية التي أصبحت
شائعة في القشرة القارية الأكثر تطورا
فإذا كان مصدر زركون جاك هيلز
صخورا غرانيتيا، فإن هذا الدليل يؤيد فرضية

والعديد منها، الذي يؤدي دور ضابط للرمز، يحمل أيضا علامات كيميائية واضحة تشير إلى أن محيطات من الماء السائل، وحتى قارات، وجدت على سطح الأرض في زمن كان يُعتقد سابقا أنه سطح ملبه ومصهور.

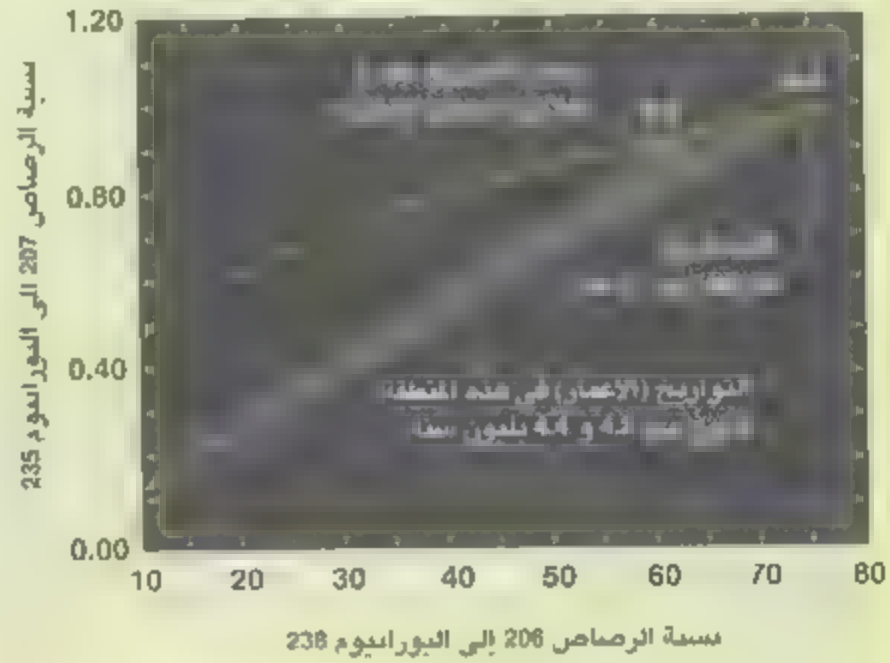
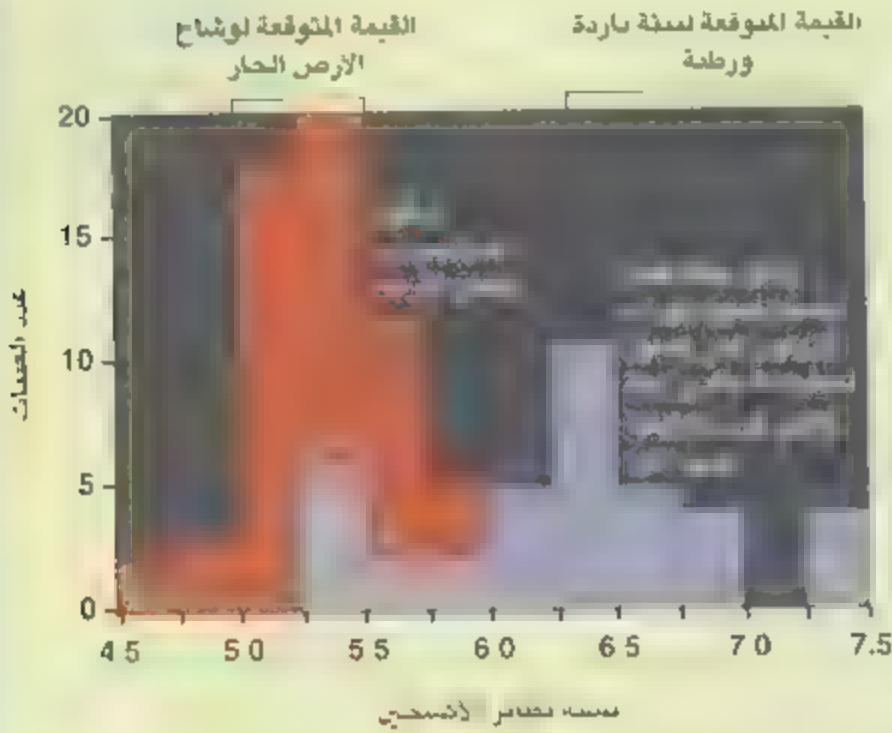
عبيرت بلورات زركون جاك هيلز من غرب أستراليا نمط تفكير العلماء عن تاريخ الأرض. فهذه البلورات تمثل أقدم مادة أرضية تم اكتشافها حتى الآن فمئات البلورات التي تم تعريضها تشكلت قبل أربعة بلايين سنة

محيطات باردة

إن نسب نظائر الأكسجين في عبيات من زركون جاك هيلز (الازرق) التي تصل إلى 7.5 يمكن أن تتحقق فقط إذا كانت صخور مصدرها قد تشكلت في بيئة باردة غنية نسبيا بالمياه قرب سطح الأرض. فإذا حدث أن غمرت محيطات الصحارة الكوكب أثناء تشكل الزركون فإن قيمها ستتجمع بالقرب من 5.3، مثلما تتجمع نسب جميع البلورات الأتية من صخور حارة مشوها عميق في قلب كوكب الأرض (الأحمر).

عمر قديم

إن العمر الأقدم لزركون جاك هيلز - 4.4 بليون سنة (الأحمر) - متطابق تماما مع «ساعتين» clocks جيولوجيتين - زوجين من النظائر - هما اليورانيوم 235-الرصاص 207 (المحور الشاقولي) واليورانيوم 238-الرصاص 206 (المحور الأفقي) - اللذان يشكلان ضابطتين مشعيتين للزمن تبدان العمل عندما يتكون الزركون. فإذا حفظتا جيدا، فإن النسب النهائية لهما تمثل بخط وحيد (الأصفر) أما تواريخ أجزاء أخرى من الزركون (الوردي) فإنها تقع خارج هذا الخط ويعود ذلك إلى فقدان بعض الرصاص في هذه المناطق، بيد أن العلماء يمكن أن يصححوا هذا الخط.



القارات الأولى؟

إن السطوح المدورة لبعض بلورات زركون جاك هيلز تظهر تحت المجهر الإلكتروني الماسح أن المسح ان الرياح، وربما المياه الجارية، فارعت هذه البلورات لمسافات طويلة - ربما عبر قارة كبيرة من الأرض اليابسة - قبل توضعها في أمكنتها (في اليسار). فالزركون الذي نجده قرب مصدره يحتفظ بحافات حادة (القصي اليسار) إن العدد الكبير من بلورات جاك هيلز المستديرة الحافات يشير إلى انتشار واسع للصخور التي كانت تشكل مصدرها الأصلي.

أمر مثير لأننا قد نتعلم الكثير من صخور بقيت سليمة تنتمي إلى ذلك الزمن القديم إضافة إلى ذلك، فإن توزيع أعمار بلورات الزركون القديمة ليس منتظما، فهناك تجمع لأعمار متقاربة في فترات زمنية محددة، ولم يعثر على الزركون في أحقاب أخرى. حصل أحد طلبتي في الدراسات العليا سابقا وهو «أ. كاثوسكي» [يعمل حاليا مدرسا في

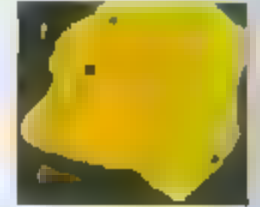
النوع القاري سمكة ومستقرة لكي يتسنى الحفاظ على هذه البلورات؟ تظهر هذه النتائج أن بلورات الزركون كانت منتشرة بكثرة في زمن ما، وإن مصدرها منطقة واسعة الامتداد ربما كتلة قارية فإذا كان الأمر كذلك، فهناك احتمال كبير بأن صخورا من ذلك الزمن الموهل في القدم مازالت موجودة في وقتنا هذا، وهو

نقلها بالرياح مسافات بعيدة عن صخر مصدرها كيف يمكن إذا أن تنتقل بلورات لزركون مئات أو آلاف الكيلومترات كغبار تذروه الرياح وتبقى مع ذلك مركزة ومجمعة مع بعضها بعضا ما لم تكن في الأصل متوافرة بكميات كبيرة؟ وكيف يمكن لبلورات الزركون هذه أن تسلم من الدفن والانصهار في الوشاح الحار ما لم تتوافر قشرة من

أقدم من 4.1 بليون سنة من خارج أستراليا وقد أدى تكثيف البحث إلى تحسين التقانة، فقد قدم «كافوسي» نتائج تظهر مزيداً من الدقة بتحليل أكثر من 20 بلورة من زركون جاك هيلز تتميز باحتوائها على نسب مرتفعة من نظائر الأكسجين التي تسير إلى درجات حرارة منخفضة (برودة) على سطح الأرض ومحيطات قديمة يرجع عمرها إلى 4.2 بليون سنة

الخميس عام 1999 تراكمت بسرعة البيانات التي تعزز نتائجنا. فقد أجريت تحريات في كل من بيرث وكانبرا وبكين ولوس أنجلوس وأنقرة وستوكهولم ونانسي في فرنسا تناولت وضع عشرات الآلاف من بلورات زركون جاك هيلز تحت المسبار الميكروبي الأيوني للبحث عن القلة القليلة من بينها التي تتجاوز أعمارها أربعة بلايين سنة، كما استخدمت تقنيات تأريخ أخرى لهذا الغرض

جامعة يورثوريكو]. على دليل مماثل في بلورات منطقة zoned من الزركون، حيث تشكلت النواة قبل 4.3 بليون سنة في حين نمت بطول حولها في زمن لاحق يمتد بين 3.3 و 3.7 بليون سنة ومن المتوقع أن يتناقص عمر بلورة الزركون من النواة إلى الحافة لأن بلورات الزركون تنمو على نحو متراكز concentric بإضافة المادة إلى محيط حباتها. بيد أن الفروق الكبيرة في العمر ووجود فجوات زمنية



قد تمثل بلورات زركون جاك هيلز عينات من أول قارة ظهرت في العالم.

وما زالت مع زملائي نتابع البحث باستخدام النموذج الأول من الجيل الأحدث للمسبار الميكروبي الأيوني الذي يدعى CAMECA IMS 1280 والذي تم تركيبه في مختبري في الشهر 2005/3 وستتم الإجابة عن العديد من الأسئلة إذا أمكن تعرف الصخور الأصلية التي تشكل فيها الزركون وحتى لو لم نجدها قط، فإن بإمكاننا أن نتعلم الكثير من كبسولات الزركون البالغة الصغر.

Zircons Are Forever (+)

وثمة اكتشافات جديدة لمئات من بلورات الزركون من مواقع مختلفة تم الإعلان عنها وتراوحت أعمارها بين 4.4 و 4 بلايين سنة فقد عثر <R.D> نلسون وزملاؤه [من هيئة المساحة الجيولوجية لغرب أستراليا] أيضاً على بلورات قديمة من الزركون تبعد مسافة 300 كيلومتر إلى الجنوب من تلال جاك هيلز. ويقوم الجيوكيميائيون بتقصي مناطق قديمة أخرى من الأرض يحدوهم الأمل في أن يحدوا للمرة الأولى بلورات زركون عمرها

بين المئوي والحافات لبلورات الزركون هذه تشير إلى وقوع حادثتين متميزتين يفصل بينهما ثغرة رئيسية أما بالنسبة إلى بلورات الزركون الأكثر توافراً والأحدث عمراً، فإن هذه العلاقة الزمنية بين النواة والغلاف ترجع إلى عمليات تكتونية أدت إلى صهر القشرة القارية وإعادة تدوير الزركون في القشرة. ويحاول العديد من العلماء اختبار ما إذا كانت بلورات زركون جاك هيلز القديمة قد تشكلت في ظروف مماثلة

وأحدث ما استجد في هذا المجال تقرير <B.A. واتسون> [من معهد رنسيلاير بوليتكنيك] و<M.T. هاريسون> [من جامعة أستراليا الوطنية] عن وجود تراكيز من التيتانيوم أقل من المتوقع في بلورات الزركون القديمة، مما يدل على أن درجة حرارة الصهارة التي تشكلت فيها راوحت بين 650 و 800 درجة سيلزية. ومثل هذه الدرجات المنخفضة لا تتوافر إلا إذا كانت الصخور الأم غرانيتية، لأن معظم الصخور غير الغرانيتية تنصهر في درجات حرارة أكثر ارتفاعاً، ومن ثم فإن الزركون الذي ينتمي إليها لا بد أن يحتوي على نسب أعلى من التيتانيوم

الزركون للأبد

منذ قيامي مع زملائي بتحليل نسب نظائر الأكسجين في بلورات زركون جاك هيلز

المؤلف

John W. Valley

حصل على الدكتوراه عام 1980 من جامعة ميتشيجان في أن آربر حيث أظهر اهتماماً للمرة الأولى بالأرض المكرة ابتداءً من ذلك التاريخ قام مع طلبته بتحري سجل الصخور القديمة في مختلف أرجاء أمريكا الشمالية وغرب أستراليا وغريبلاند، إسكتلندا. يشغل حالياً منصب رئيس الجمعية الأمريكية لعلم المعادن، وكريسي R.C. فان هير، الجيولوجيا في جامعة ويسكونسين حيث أنشأ المختبر WiscSIMS والإمكانات المتميزة للمسبار الميكروبي الأيوني الجديد CAMECA IMS 1280 المتوافرة في هذا المختبر ستتيح إجراء عدد كبير من الأبحاث. قبال جانب الزركون، سيسير «فالي» وزملاؤه العديد من المواد العادرة أو البالغة الصغر ابتداءً من غبار النجوم وانتهاءً بالحلايا السرطانية

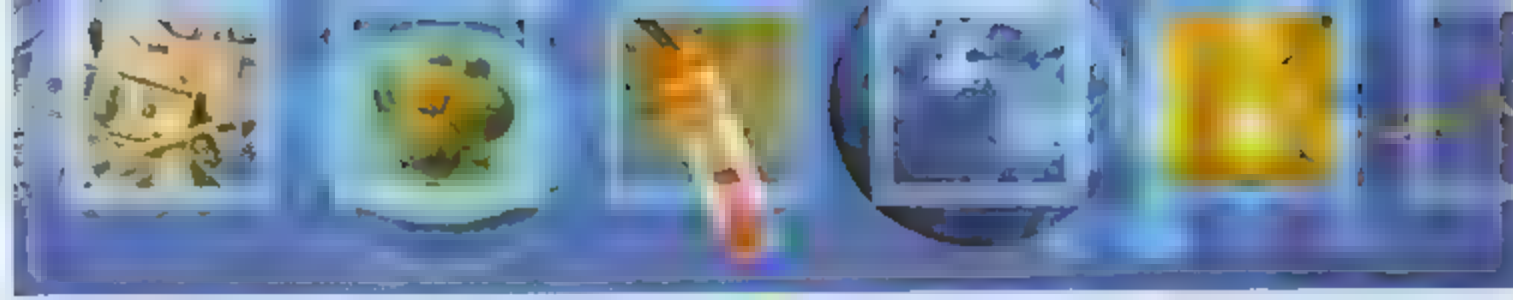
مراجع للاستزادة

A Cool Early Earth. John W. Valley, William H. Peck, Elizabeth M. King and Simon A. Wilde in *Geology*, Vol. 30, No. 4, pages 351-354, April 2002.

Magmatic $\delta^{18}O$ in 4400-3900 Ma Detrital Zircons: A Record of the Alteration and Recycling of Crust in the Early Archean. Aaron J. Cavosie, John W. Valley, Simon A. Wilde and the Edinburgh Ion Microprobe Facility in *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 235, No. 3, pages 663-681, July 15, 2005

The author's "Zircons Are Forever" Web site is at www.geology.wisc.edu/zircon/zircon_home.html

Scientific American, October 2005



تقرير خاص مستقبل الخلايا الجذعية

محتويات التقرير

29 رسالة من المحررين

30 «أم الخلايا» كافة

يأمل العلماء تحقيق فرائد ضخمة من سبل الأبحاث على الخلايا الجذعية الجنينية ولكن قد ينقضي جيل بكامله قبل أن تصبح الفائدة ملموسة <C. كوكسون>

32 الخيّمات البشرية - الحيوانية

<A. ريسي>

34 ملوثة ومائتة، ولكن مصادق عليها امريكيا

<C. سورز>

35 القرينة الاستساخية

<C. كوكسون>

36 عمال التصليح من داخل الجسم

قد تنجو الخلايا البالغة من الجدل الأخلاقي الذي يدور حول الخلايا الجذعية الجنينية، بيد أن أهميتها السريرية العملية مازالت شديدة الغموض <C. سورز>

38 ايها المريض، اشف نفسك

39 إنتاج خلايا جذعية عند الطلب

40 خليط من القوانين

يتدر الإجماع في الرأي بين مختلف البلدان حول نوع الممارسة التي يجب أن يسمح بها فيما يتعلق بالمعالجة القائمة على الخلايا الجذعية وذلك على الرغم من المحاولات العديدة للوصول إلى اتفاق في هذا الشأن

41 موقع المواجهة القادمة: قاعة المحكمة

<P. والدمير>

42 الهندسة إلى جانب الأخلاق

<G. ستيس>

44 عدد كبير من مقاربات الخلايا الجذعية

<S. بيرسلي>

46 الخلايا الجذعية شرقا ... وغربا

أوجدت الصين والمملكة المتحدة ظروفًا تنظيمية وأخلاقية واعدة عمومًا، مقترنة بأسس بحثية متينة. <C. كوكسون>

48 مساورة كاسفورينا

أطلقت ولاية كاليفورنيا رهانا قيمته ثلاثة بلايين دولار على علم الخلايا الجذعية، لكن بعض البيولوجيين قلقون من أن المبادرة قد تشتت الجهود. <W. W. كيبس>

50 العلميون ينشعون المال

51 سحح الاستسوخ

تحذير من تكاليف القيود اللاعقلانية <A. ويسمان>

52 تزايد معاناة صناعة جديدة

تتابع شركات الخلايا الجذعية الناشئة القيام بأكثر الأبحاث تقدما مع قلقها الدائم حول التمويل، الذي يحافظ على بقاياها

52 الشركة ES Cell International

شركة طموحة في سنغافورا تحقق «موجودة مميزة»

<A. بورتر>

52 الشركة Geron

كانت مرموقة في مجال براءات الاختراع، ولكنها تهتم حاليا بإنتاج معالجات جديدة. <V. كريفيك>

53 الشركة Stem Cell Sciences

خلال عقد من الزمن صارت هذه الشركة على المستوى العالمي الأقوى في مجال الخلايا الجذعية، بعد أن كانت مجرد «شركة افتراضية». <C. كوكسون>

54 الشركة Advanced Cell Technology Holdings

تستمر في تسجيل حضور يفوق وزنها، بعد أن استشارت معركة سياسية حول الاستسوخ العلاجي البشري <V. كريفيك>

55 خلية عصبية على المستنمرين

إن المصارين VCs حذرون من أن يستثمروا في شركات قد لا تضمن مخاطر العلم فيها مورداً مجزياً باستمرار. <N. موران>

57 البحث عن خلايا شافية

يدعو مستنسخ النعجة «دولي» المجتمع إلى تجاوز الجدل حول اشتقاق خلايا جذعية من الأجنة البشرية تحقيقاً للفائدة المتوقعة من ذلك. <A. ويلموت>

المناقشات فيما إذا كانت حقوق الجنين جزءاً لا يتجزأ من حقوق الإنسان، ومتى يكون ذلك. لقد ألهمت هذه المناقشات تفكير المقاولين، وأنتجت خدمات جديدة للمستهلكين: فالآباء المتوقعون يتلقون حالياً على نحو روتيني دعوات تناشدهم أن يجمدوا الخلايا الجذعية الموجودة في دم الحبل السري لولدهم، كحيلة لأي احتياجات طبية مستقبلية.

هذه الممارسات كشفت للرأي العام كم كان محبطاً غياب الإشراف وفقدان التوجيه الأخلاقي طوال سنوات عديدة. لبعض الممارسات في عيادات الإخصاب. لقد استثارت هذه الممارسات تمرداً مالياً - له الطبيعة الرديئة نفسها - بين الولايات الأمريكية ضد التقييدات على التمويل الفدرالي للأبحاث. كما أوجت هذه الممارسات بأشكال جديدة من الاحتيايل. غدا المرضى في روسيا ضحايا لبيوتات تجارية تعدهم بأن «حقن خلاياهم الجذعية» قد تعالج أنواعاً عديدة من العلل. وبطبيعة الحال، فلقد ولدت هذه الممارسات تخمينات كثيرة حول مدى تعدد استعمال الأنماط المختلفة للخلايا الجذعية، وما يمكن لذلك أن يتبنا بالقدرات الكامنة لنسجنا جميعها.

وعملياً، لم يتم التوصل إلى حل نهائي لأي مسألة ارتبطت بالخلايا الجذعية. وعوضاً عن طرح أجوبة نهائية لا لبس فيها، فإن على هذا التقرير أن يؤدي دور مرجع مختصر لأكثر الأسئلة أهمية والتي يجب إيجاد إجابات لها في السنوات القادمة. وستستمر كل من الفايينشال تايمز وساينتفيك أمريكان بتقديم تغطية من الطراز الأول للتطور المتنامي لهذا الموضوع، بما في ذلك - كما نأمل - الأخبار النهائية بأن الخلايا الجذعية قد ترسخت كمصدر ثابت يعول عليه في المعالجات العملية والفرص المالية.

<J. ريس>

رئيس التحرير

ساينتفيك أمريكان

www.sciam.com

في العالم كله كما في الولايات المتحدة، انتقلت الخلايا الجذعية من مادة بيولوجية غامضة إلى الواجهة في الجدل السياسي والتقني. والباحثون واثقون من أن الخلايا الجذعية ستشكل في يوم ما، حجر الأساس لمعالجات وأدوية خيالية بيد أن الناقدين يحاولون البرهنة على أن أبحاث الخلايا الجذعية تطرح أسئلة أخلاقية، ليس أقل عمقا مما طرحته مساعي تطوير القنبلة النووية قبل ستين عاماً.

إن تعقيدات العلم وتزايد المشكلات التجارية والأخلاقية والسياسية، يشكلان تحدياً أمام كل من يرغب في أن يظل باستمرار على معرفة تامة بهذا الموضوع الحيوي. ولهذا السبب، فإننا نعتقد أن الخلايا الجذعية تشكل مناسبة مثالية لنشر تتشارك فيه صحيفة الفايينشال تايمز (FT) وساينتفيك أمريكان.

ويستمد هذا التقرير الخاص أصالته من قوة الصحيفة FT في الأعمال التجارية العالمية ومن تقاريرها السياسية، التي تكمل تباعاً تجربة ساينتفيك أمريكان الطويلة في جعل المناقشات العلمية واضحة وموثوقة.

ويسهل عادة نسيان أن أبحاث الخلايا حديثة العهد نسبياً. ففي عام 1998 فقط، عين العلماء لأول مرة هوية الخلايا الجذعية لجنين الإنسان وقاموا بعزلها. أما اليوم، فإن أبحاث الخلايا الجذعية مهدت السبيل إلى فرص أمام بلدان تتطلع إلى إنهاء الدور القيادي للولايات المتحدة في التفانة الحيوية لقد أجمع موضوع الخلايا الجذعية من جديد

<J. مارمر>

مدير التحرير

فاينشال تايمز

www.ft.com

أم الخلايا عامة

ينوقع العلماء فوائد جمة للجنس البشري من سبل الأبحاث على الخلايا الجذعية الجنينية؛ ولكن الأمر قد يحتاج إلى جيل أو جيلين قبل أن يصبح التأثير ملموسا.

كانت أواخر التسعينات الفترة الأكثر إنتاجية في تاريخ الأبحاث البيولوجية، فلقد تبع بسرعة ولادة دولي، أول ثديي مستنسخ، والاشتقاق الناجح للخلايا الجذعية الجنينية البشرية. وحينئذ، وعندما أطل فجر الألفية الجديدة، أعلن عن إتمام مشروع الجينوم البشري ومنذ ذلك ضخ الإعلام هذه الإنجازات، وتزامن ذلك مع حماسة وتشجيع كثير من الباحثين ذوي السلطة لخلق إثارة شعبية شديدة بشأن عصر جديد من الطب التجديدي regenerative medicine ويتصور بعض الناس أنه في غضون سنوات قليلة، سيكون بالإمكان عبر تشارك مازال مبهما بين الخلايا الجذعية والاستنساخ والهندسة الجينية -

إن إنتاج خطوط من الخلايا الجذعية الجنينية أمر صعب، فقد بلغت حصيلة سبعة أعوام من العمل الشاق أقل من 150 خطا خلويا.

تكوين خلايا جديدة، وأخيرا أعضاء يكاملها، لتحل محل تلك التي كُفّت عن أداء وظائفها بسبب المرض أو حادث مفاجئ أو الشيخوخة وتوازنت هذه الوعود باعتراضات أخلاقية ودينية على أبحاث الخلايا الجذعية، وبخاصة على فكرة إمكان تكوين أجنة خصيصا للبحث العلمي ثم إتلافها. وكذلك المخاوف من أن الاستنساخ العلاجي قد يفتح الباب على مصراعيه أمام الاستنساخ التوالدي وفيما يتعلق بكثير من الناس، فإن مجرد عبارة «الخلايا الجذعية» تلخص كل الإثارة والمخاوف. بيد أن هناك جهلا واسع الانتشار بشأن حقيقة الخلايا الجذعية، إضافة إلى التفكير المبني على التمني لا على الحقيقة والواقع بشأن السرعة التي يمكن أن يتم فيها إحراز ما تعد به هذه الخلايا. إن القصد من وراء هذا التقرير إلقاء ضوء علمي على مستقبل أبحاث الخلايا الجذعية، وعلى المسائل السياسية المرتبطة بهذه الأبحاث، التي تدفع حاليا بالحكومة الفدرالية وبحكومات

الولايات كي تتعهد بدلاين الدولارات من المواد المالية العامة لهذا النوع من الأبحاث ويأدي ذي بدء، لا بد إذا من طرح تعاريف أساسية. فالخلايا الجذعية تؤدي دور جهاز تصليح بيولوجي، مع إمكان أن تنامي في الجسم إلى أنماط كثيرة من الخلايا المتخصصة؛ إذ يمكنها نظريا أن تنقسم إلى ما لانهاية كي تسد النقص في خلايا أخرى. فعندما تنقسم خلية جذعية ما، يمكن لكل من الخليتين الابنتين أن تبقى خلية جذعية، أو أن تختار دورا أكثر تخصصا. كخلية عضلية مثلا أو دموية أو دماغية، وهذا منوط بوجود أو بغياب إشارة كيميائية حيوية إن ضبط هذه السيرة التمايزية يمثل واحدا من التحديات الأكثر تعقيدا في

أبحاث الخلايا الجذعية لا جديد عن الخلايا الجذعية بحد ذاتها. لقد استعملت المعالجات بالخلايا الجذعية لعقود من الزمن. وأفضل مثال معروف هو اغتراس نقي العظام لمعالجة ابيضاض الدم واضطرابات دموية أخرى لقد نجحت هذه المعالجات، ذلك أن النقي مملوء بالخلايا الجذعية الدموية. ولكن المعالجات كافة التي تمت حتى الآن، غالبا ما استعمل فيها ما يطلق عليه اسم الخلايا الجذعية البالغة، وهذا مصطلح صحيح عندما يكون المصدر فعلا هو البالغ، ومضلل كما يحدث غالبا، عندما تأتي الخلايا من الرضيع أو من الجنين وقد يكون تعبير خلايا جذعية جسدية somatic stem cells اسما أفضل لهذه الخلايا.

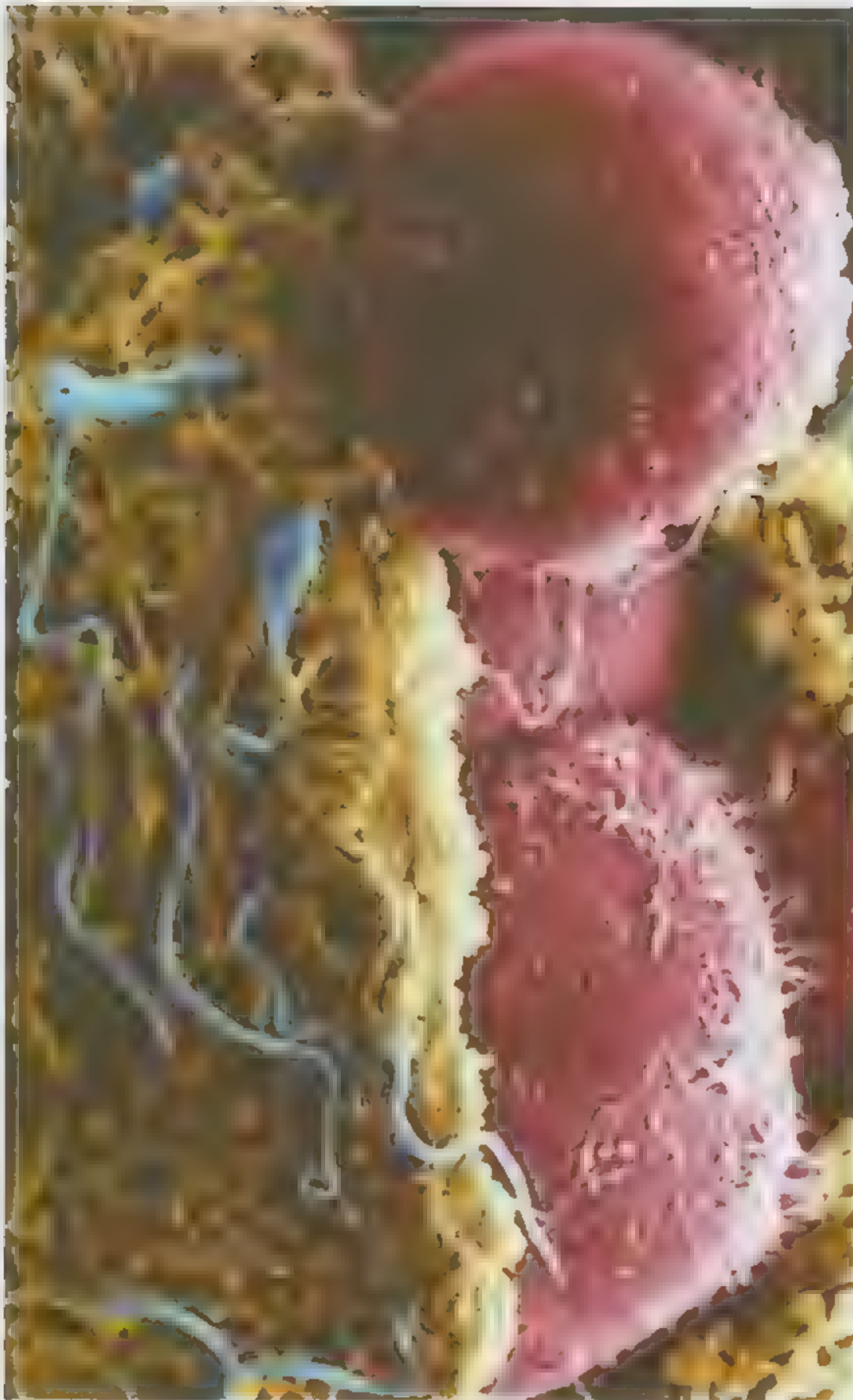
إن عدد أنواع الخلايا المتخصصة، التي يمكن الحصول عليها من الخلايا الجذعية الجسدية محدود ويشكل حاليا مدى المحدودية موضوعا لجدل علمي حاد سيُعالج في مقالة تالية [انظر: عمال

التصليح من داخل الجسم» في هذا التقرير الخاص]. وتعتبر الأجنة العتبية embryonic stem cells من حيث إمكاناتها مصدرا أفضل، ذلك أن خلاياها جميعها مازالت غير متخصصة، والخلايا الحدة الجنينية (وتختصر إجمالا بالخلايا ES متعددة الإمكان pluripotent: أي أن بوسعها أن تتمايز إلى أي نمط خلوي تقريبا

لقد أنشئ أول خط خلوي (جمهرة من الخلايا الثابتة المتكررة - المتنسخة) من الخلايا ES البشرية في عام 1998، من قبل «تومسون» [من جامعة ويسكونسن]. وتشتمل التقنية على استخراج الخلايا من داخل جنين عمره أسبوع (أو ما يعرف بالكيسة الأريمية blastocyst) - كرة مجهرية، تتألف من 50 إلى 100 خلية وزرعها في طبق مختبري مع مغذيات وعوامل نمو مختلفة. وتُعطى الأجنة في الحالة السوية من قبل أزواج يخضعون لمعالجة الإخصاب في المختبر in vitro fertilization (اختصارا IVF)، ولا يستعمل.

حتى الآن، وبعد سبع سنوات من العمل المكثف العالمي النطاق، يمتلك العالم أقل من 150 خطا جيدة التوصيف من الخلايا ES، ذلك أن سيروية ترسيخ هذه الخلايا هو أمر عويص جدا. فاثنتان وعشرون خطا فقط متاحة في الولايات المتحدة للأبحاث الممولة فدراليا، حيث إن إدارة جوش قضت بأن على معاهد الصحة الوطنية (NIH) ألا تمول أبحاثا على خطوط أنشئت بعد الشهر 2001/8 وما إن يتم ترسيخ الخط، فإن خلاياه الجذعية تكون جوهريا خالدة ويمكن عندئذ تجميده للتخزين في بنك الخلايا، كالبنك الذي تم تأسيسه في عام 2004 بالملكة المتحدة، وأيضا للتوزيع على بقية الباحثين.

وفي محاولة لتجنب الاعتراضات الأخلاقية المتعلقة بتدمير الأجنة البشرية (MOTHER OF ALL CELLS) بوحى «من أم المارك» (التحرير)



سواء صانع لحايات اندعجه الحبيبة (الدم) من
- حرجي سري عمره اربعة عام حيث اسفنت طولها
عدسة لروبية ومرت الخلايا وعمره بمر حتى
الحايات ورعها لتفشي الخلايا الجذعية الحبيبة

الخاصة بالأبحاث، يستكشف بعض العلماء
مصادر بديلة للخلايا ES وقد تتمثل إحدى
المقاربات بتعرف الخلايا الجذعية الجسدية
(البالغة) الأقل تمايزاً، وتحويل ساعة تناميها
إلى الوراثة بحيث تسلك سلوك الخلايا ES
استعداداً للإمكان. والمقاربة الأخرى
عبر التوالد البكري parthenogenesis، الذي
يتمثل بتفعيل البويضة البشرية غير المخصبة،
بحيث تباشر الانقسام كجنين بشري مبكر
ولكن ليس من الواضح بعد فيما إذا كانت
أي المقاربتين ستنتج

وحتى عهد قريب جداً، نعى الباحثون
الخلايا ES البشرية على طبقة من خلايا جلد
الفأر، تعرف بالخلايا المُطعمة feeder cells
التي تثبط تمايز الخلايا الجذعية إلى خلايا
أكثر تخصصاً وكان الباحثون يغذونها أيضاً
بمصل الدم المشتق من أجنة البقر. ولكن مما
يؤسف له أن هذه المكونات اللابشرية تحمل
في طبيعتها خطر التلوث بـفيروسات أو
ممرضات حيوانية، تماماً كما هي الحال في
الإنعراس الغريب xenotransplantation، الأمر
الذي يحول دون استعمال الخلايا الجذعية في
العيادة استعمالاً آمناً

وفي عام (2005)، أعلنت عدة مجموعات
بحثية أنها استعاضت بنجاح عن المكونات
الحيوانية بمكونات بشرية ولكن بعض العلماء
ما زال يؤكد أن تلوث الأوساط النوعية
المستعملة في إنشاء الخلايا ES وتمايزها، على
درجة من الانتشار بحيث يصعب التخلص منه
كلياً [انظر الإطار في الصفحة 15]

وخلافاً للخلايا الجذعية الجسدية
(البالغة)، فإنه لا يمكن استعمال الخلايا ES
مباشرة للمعالجة، لأنها تسبب السرطان
وبالفعل، فإن أحد الاختبارات المختبرية
لخلايا ES يتمثل بحقنها في الفأر، ومن ثم
تحليل الورم المسخي (teratoma) (ورم يتشكل
من الخلايا الحبيبية) الذي يسبب وساءاً على
الفأر في تطبيق علاجي سيطلب من
العلماء توجيه تمايز الخلايا ES إلى خلايا
دات تخصص نوعي لا عتراسها في المرضى -
مثلاً إلى الخلايا بيتا المنتجة للإنسولين
لمرضى الداء السكري، أو إلى العصبونات
المنتجة للدوبامين لمعالجة داء باركنسون
وسيتطلب الأمر مسحا شديداً الدقة للتأكد من

إضافة إلى ذلك فإن التجارب على
الخلايا ES الفأرية توحى بأنه من الممكن
تطوير معالجات آمنة وفعالة من الخلايا
البشرية المماثلة. ويبدل الباحثون في العالم
كله جهوداً حثيثة لبلوغ هذه الغاية، ذلك أن
المعالجات القائمة على الخلايا الجذعية تُعدُّ
بالكثير. ويعتقد البيولوجيون أن معظم
الأمراض التنكسية على درجة من التعقيد

(١١) combinations

عدم وجود أي من الخلايا ES
وإذا كان ترسيخ خطوط الخلايا ES
عويصاً، فإن توجيه تمايزها بشكل كابوسا
علمياً ولقد بدأ الباحثون يفهمون للتو فقط
السرورط البسيطة وبصاميات عوامل النمو
والهرمونات الأخرى. التي يطلبها توجيه
الخلايا ES البشرية، بحيث تصبح خلايا
متخصصة عصبية أو عضلية أو أي نمط
آخر تتطلبه المعالجة

يمكن لبعض التجارب أن نطمس على نحو مطلق الحاجز الذي يفصل بين الأنواع

وباستعماله أجنة النعجة، كون «إسماعيل زاجاني» [من جامعة نيقادا في رينغ] حيوانات بالغة اندمجت في كل مكان من أجسامها خلايا بشرية وحتى الآن لا يعرف أحد العواقب التي ستنتجها مع تزايد نسبة الخلايا البشرية في الحيوان فمثلاً، تصور «رايزمان» وآخرون أنه سيأتي يوم يمكن فيه أن يصنع غار بنسج دماغي مؤنس humanised كلياً ويضمن برنامج القضاء المتنامي، والحجم البالغ الصغر لهذا الغار الخيمري، بطريقة شرعية ألا تختلف إمكاناته العقلية اختلافاً كبيراً عما لدى الغار السوي ولكن ما الذي سيحدث إذا ما اغترست الخلايا البشرية في جين الشمپانزي إن ولادة كائن ما أقل بهيمية لن يكون مستبعداً

ويمكن لنماذج النسيج أن يسهل أيضاً نقل الدراسات على الأمراض الحيوانية المعدية (الخامجة) إلى الإنسان وتكون الأمراض القادرة على اختراق الحاجز بين الأنواع مدمرة على نحو استثنائي، ذلك أن الجهاز المناعي للعائل الجديد يكون غير معد لهذه الأمراض [يعتقد على نطاق واسع أن جائحة الإنفلونزا (الذلة الوافدة) عام 1918 قد نشأت عن أحد فيروسات إنفلونزا الطيور]

ولا تتوافر حالياً معايير عالمية لتوجيه التجارب الخيمرية لقد حرم القانون الكندي الخاص بالمواليد البشري المساعد (Assisted Human reproduction Act) الخيمرات البشرية - الحيوانية. ولا يوجد في الولايات المتحدة أي تقييد رسمي بهذا الشأن، لكن السيناتور «8» براونباك [عن كنساس] اقترح في الشهر 2005/3 تشريعاً يحرم حماية القانون لعدة أنواع من الخيمرات، بما في ذلك ما يحتوي منها على كمية مهمة من النسيج الدماغي البشري ووضعت المعاهد التي تزود المختبرات الأخرى بالخلايا الجذعية البشرية، قيوداً إضافية خاصة بها، وذلك فيما يتعلق بالتجارب المسموح بها

ويمكن، في الولايات المتحدة على الأقل، أن يثبت التساق أكبر من الدليل العام حول استعمال الخلايا الجذعية، الذي أوصت به في أواخر الشهر 2005/4 الأكاديمية الوطنية للعلوم (NAS)، لقد أوصت هذه الأكاديمية بالسماح عموماً بالخيمرات التي تشتق من معظم الأنواع الحيوانية، ولكنها حذرت على تحريم أي استعمال للخلايا البشرية في الرئيسات الأخرى، وكذلك إدخال الخلايا الحيوانية في الكيسة الأريمية البشرية⁽¹⁾، وحذرت أيضاً من السماح بتوالد الخيمرات البشرية الحيوانية، ذلك أن بعض الخلايا البشرية قد افلحت في التسلل إلى خصية الحيوان ومبيضه. ويمكن نظرياً لاستيلاء هذه الحيوانات الخيمرية أن يؤدي إلى النتيجة الرهيبة (التي ستكون بالتأكيد مميّة في معظم الحالات) المتمثلة بإنماء جنين بشري في رحم أم من الحيوانات. ■

«د. ويني»

لقد أصبح علم الخلايا الجذعية رديء السعة لأنه أجبر المجتمع على إعادة النظر حول أين عليه أن يضع الحاجز الفاصل ما بين الخلايا الجنينية البشرية، وبين الكائن البشري. وما هو أقل وضوحاً أن هذا العلم يدفعنا إلى حدود أخرى، قد تكون مبهمة على نحو مدعش، تلك الحدود التي تفصل بين البشر والحيوانات، وتيسر الخلايا الجذعية إنتاج خيمرات متطورة بين الأنواع كائنات حية تتألف من خلايا بشرية وحيوانية ويمكن للمسائل الأخلاقية التي يطرحها مجرد وجود هذه المخلوقات أن تصبح مقلقة على نحو خطير

والخيمرة، في الأسطورة اليونانية، هي مسخ يضم أجزاء من المعزة والأسد والأفعى ويمكن للخيمرات المتوالدة في المختبرات أن تبدو، بسبب هذه السمية⁽²⁾، وكأنها فكرة شريرة ولدت من غطرسة علمية محضة ومع ذلك، فإن إنشاء هذه الخيمرات يبدو محتوماً إذا كان لابد من استعمال الخلايا الجذعية كمواد علاجية وسيحتاج الباحثون إلى دراسة كيف ستسلك الخلايا الجذعية داخل الجسم، وكيف ستستجيب للكيمائيات المختلفة وما لم يقم الباحثون بأجراء هذه التجارب الأولية الخطرة على الإنسان، فإنهم سيحتاجون إلى حرية التجريب على حيوانات تحوي خلايا بشرية وبذلك لابد من تكوين الخيمرات.

لقد كان «د. وايزمان» وزملاؤه [في جامعة ستانفورد] رواد التجارب الخيمرية عندما كونوا في عام 1988 فئراناً أجهزتها المناعية بشرية كلياً، وذلك بغرض دراسة الإيدز وفيما بعد اقترس فريق ستانفورد وآخرون خلايا جذعية بشرية في أنفحة فئران ولادة كنماذج أولية للأبحاث العصبية



الخيمر الأصلي

على الخلايا ES، وبطرائق مجدية أكثر لتعرف هذه الخلايا، ولتحديد إمكانات التنامي الحقيقي لديها، وبأساليب مجدية للسيطرة على تمايزها ونموها داخل الجسم، وبمعرفة فيما إذا كان الجهاز المناعي سيهاجم الخلايا ES أو الخلايا التي ستتمايز منها، وبالحصول على معارف أعمق لميزات الخلايا ES مقارنة بالخلايا الجسدية

(*) Human Anima, Chimeras

(١) 'namesake' سُمي = شخص اسمه كاسم شخص آخر

human blastocyst

(التحرير)

هذه المعالجات تشمل استعمال الخلايا الجذعية العصبية المأخوذة من الجنين لمعالجة أمراض دماغية، وخلايا بيتا المفرزة للانسولين المأخوذة من الجنث لمعالجة داء السكري، ويتخطى النجاح فيما يتعلق بالخلايا ES الأمل بنجاح الخلايا الجسدية، حتى إن الأولى ستعمل أخيراً على نحو أفضل، ولكن البرهان على ذلك سيحتاج إلى إجراء الكثير من الأبحاث الإضافية

وتتمثل العقبات التي يجب على الباحثين التغلب عليها، بسبل أفضل للحصول بفعالية

بحيث يصعب علاجها بصورة فعالة بمجرد إعطاء المريض الأدوية أو حتى بالمعالجة الجينية. وللخلايا الحية، التي تنتج عدداً كبيراً من الجزيئات الفعالة بيولوجياً، أمل أفضل في النجاح لمعالجة هذه الأمراض ومع أنه لم تُجر حتى الآن تجارب سريرية على الخلايا ES، فإن الأنماط الأخرى للمعالجة الخلوية أظهرت أن بوسع هذا النوع من الاغتراس أن ينجح في الإنسان. وإضافة إلى اغتراس نقي العظم الذي غدا واسع الانتشار، فإن الأمثلة على

تُشتق الخلايا الجذعية الجنينية (ES) من الجزء الذي سيعطي في النهاية كامل الجسم، والموجود في الأجنة في مراحيلها المبكرة جداً. وبالنظر إلى أن الخلايا ES ترجع إلى هذه المرحلة البدائية، فإنها تستنق القدرة كي تكون «متعددة الإمكانيات» pluripotent، فتشكل أي نمط خلوي يوجد في الجسم.

بيضة محصنة
(يوم واحد)

مصير الخلايا

بعد انقضاء أقل من أسبوع على إخصاب البيضة البشرية، فإن الجنين المتنامي يحوي ما بين 100 و 150 خلية تقريباً، ويكون الجنين على شكل كرة مجوفة، نعرفه بالكيسة الأريمية، تتألف فقط من كتلة خلية خارجية ستشكل، إذا ما تم الحمل، المشيمة ومن كتلة خلوية داخلية، ستصبح الجنين. وستستمر هذه الخلايا داخل الرحم بالتضاعف، وتبدأ بالتحخصص في غضون الأسبوع الثالث. وسيحوي بحير الذي يعرف حينئذ بالعبدة ثلاث طبقات مشيمة germ مميزة ستشكل حينئذ الخلايا المنسجة منها منسج الخلفه

كيسة أريمية
(5 إلى 8 أيام)

الكتلة الخلوية الخارجية

الكتلة الخلوية الداخلية

معبدة
(14 إلى 16 يوماً)

الطبقات المشيمة
الحيينية، وبعض النسيج
التي تستنتق منها

الأديم الظاهر
(الطبقة الخارجية)
الجلد
العصبونات
المحاور
العين
الأسنان

الأديم المتوسط
(الطبقة المتوسطة)
نقي العظام
العصلات الهيكلية والعضلات والقلب والأوعية
الأمشيمات الكلوية

الأديم الباطن
(الطبقة الداخلية)
البنكرياس
الكبد
السرغية
الغدة
الغدة
الغدة

إنماء الخلايا الجذعية الجنينية

بغية إنشاء خطوط من الخلايا ES، يريل العلماء الكتلة الخلوية الداخلية (ICM) من الكيسة الأريمية، التي أنشئت في المختبر (وتكون عادة قد تُركت بعد محاولات الإخصاب في المختبر). توضع الخلايا ICM على صفيحة تحوي خلايا مطعمة، فتسارع إلى الالتصاق بها. وفي غضون أيام قليلة، تنمو خلايا جديدة بدءاً من الخلايا ICM، وتشكل مستعمرات (الشكل العلوي) تعرف هذه الخلايا بشكل اصطلاحي بالخلايا الجذعية الجنينية فقط إذا ما عرضت واسمات جزئية معينة واستطاعت أن تعطي بالانقسام عدة أجيال خلوية مقيمة الدليل على أنها تشكل خطاً خلوياً ثابتاً أو خالداً

ملوثة ومائتة، ولكن مصادق عليها أمريكياً

قد لا تسبب المشكلات المتمثلة بالتلوث وبالشذوذات الجنينية في إيقاف المعالجات القائمة على الخلايا الجذعية الجنينية.

على إنتاج أنماط خلوية متعايرة، أو أنها قامت بذلك إنما على نحو بطيء فقط. لقد تحسنت طرائق التعامل مع الخلايا الجذعية تحسناً كبيراً منذ أن أضحت سياسة الولايات المتحدة قيد التنفيذ. ويعتقد الباحثون أنه يمكن الحفاظ على خطوط خلوية حديثة العهد على نحو صحي أكثر بكثير. وبخاصة أنه كشف النقاب عام 2005 عن نمطين جديدين من أوساط زرع الخلايا ES لا يحتاج النمو فيها إلى مهاد من الخلايا القارية «المطعمة»^(١)، وهي ممارسة استعملت في الماضي في إماء جميع الخطوط الخلوية الحكومية التي تمت الموافقة عليها. ولقد تم التأكيد مؤخراً من صحة المخاوف التي ترى أن الخلايا المسجلة قد تلوثت بجزيئات قارية. بدراسة أوصحت أن الخلايا ES البشرية التي نمت بهذه الطريقة قد امتصت فعلاً بروتينا غائياً ووضعت على سطحها؛ ذلك أنه عندما تم تعريض الخلايا ES التي أظهرت هذا البروتين لحصل الدم البشري، فإن الأضداد الموجهة ضد البروتين الحيواني هاجمت الخلايا ES وقتلتها.

ومع ذلك، فإن «جيرون» Geron في كاليفورنيا - وتمتلك حقوق تسعة من الخطوط المصادق عليها حكومياً - تقول إنها ستقدم بطلب في مطلع عام 2006 إلى الإدارة FDA للسماح لها بأن تمضي قدماً في استعمال هذه الخلايا في تجارب على الإنسان لتصلح النخاع الشوكي. إن «أوكارما» [رئيس «جيرون»] واثق من أن خلايا الشركة نظيفة، وذلك بعد إخضاعها لما يدعوه «قائمة شاملة» من الاختبارات «المعيارية الذهبية»^(٢) ولم تعلن أي شركة أمريكية أخرى عن تقديمها بطلب رسمي لتجريب مشتقات الخلايا الجذعية الجنينية على الإنسان، بيد أن «د. واكنر» [مدير معهد الخلايا الجذعية التابع لجامعة مينيسوتا] أبلغ في عام 2005 مشرعى الولاية بأن فريقه طلب فعلاً موافقة الإدارة FDA لإجراء تجارب من هذا القبيل. ولقد رفض «واكنر» الكشف عن أي تفاصيل أخرى.

كما أن الإدارة FDA لم تعلق على عدد الطلبات التي تلقتها لتجريب مشتقات الخلايا الجذعية، أو على الموعد الذي سيتخذ فيه القرار. إن إمكان التلوث الحيواني لا يحول أياً دون استعمال الخلايا المسجلة في الإنسان - إن اغتراس الغريب لصمامات قلب الخنزير، وحتى اغتراس نقي عظم الرباح baboon في الإنسان، نال في الماضي موافقة الإدارة FDA وكانت الملاحظة الوحيدة التي تفوه بها ناطق بلسان هذه الإدارة هي أن القرار سيبنى على الأهلية العلمية للتجارب المقترحة، وليس على السياسة.

«C. سورز»

عندما حطر الرئيس جوش في الشهر 2001/8 إنشاء خطوط جديدة من الخلايا الجذعية الحسية بأموال فدرالية، خفف من تأثير الضربة التي وجهت للأبحاث الطبية الحيوية بوعده أن أكثر من 60 مستحضراً من الخلايا ES لا تزال متاحة لاستعمالها في تطوير معالجات مستقبلية للمرضى. ومع ذلك، فقد أجمعت قائمة متنامية من المشكلات الخاصة بهذه الخلايا إدارة الغذاء والدواء (FDA) أن تدرس في ما إذا كانت الخلايا المشتقة من هذه المستحضرات آمنة للتجريب على البشر.

وتبين أن 22 خطاً خلوياً عقط من الخلايا ES التي أحيى استعمالها، وست قبل الشهر 2001/8، لا تزال عيوشة، وتظل متاحة للباحثين، وذلك على الرغم من أن أسئلة طُرحت حول نوعيتها في ضوء تقدمها بالعمر. ويفترض بهذه الخطوط أن تكون «خالدة»، ولكن عرف عن استبقاء الخلايا في الزرع لمدة طويلة أن هذا الاستبقاء يحرض على تشوهات في الخلايا الأخرى. لذا، فإن المفاجأة لم تكن غير متوقعة كلياً فيما يتعلق بالعلماء عندما أخذت تتوالى التقارير عن شذوذات حسينية في بعض الخطوط المسجلة لدى معاهد الصحة الوطنية. وقد فقدت بوضوح بعض الخطوط الخلوية المسجلة الأخرى قدرتها



لقد تلوثت الخلايا الجذعية الحسية التي بعثت في المحرر بمواد من خلايا القارية الداعمة والموجودة في وسط الزرع، الأمر الذي يجعل الأضداد منها في معالجات مستقبلية موضع شك.

وذلك فيما يتعلق بالتطبيقات المختلفة

وفي حين أن الاستعمال المباشر للخلايا الجذعية في معالجة المرضى هو ما يستثير كثيراً السياسيين والجمهور، فإن عدداً كبيراً من العلماء يرى أن الفوائد الطبية الرئيسية ستكون غير مباشرة، وذلك عبر استعمال هذه الخلايا في البحث العلمي لتحسين المعالجات الأخرى. فإذا ما تمكن الباحثون من فهم طبيعة الإشارات الحسية والكيميائية المعقدة، التي تضبط نمو الخلايا الجذعية وتمايزها، فإن النتائج ستكون، فيما يتعلق بالطب، ذات فوائد هائلة. وعلى الخلايا ES أن تجعل من

الممكن تطوير نماذج لتنامي النسيج ووظيفتها التي ستمكن الكيميائيين من اختبار الأدوية المحتملة بطرائق أكثر فاعلية.

فمثلاً، إذا أمكن توحية الخلايا ES المشتقة من أجنة تبين بالمسح الجيني أنها تحمل جينات التليف الكيسي لتصبح خلايا رئوية متليفة كيسيًا، فإن ذلك سيمهد الطريق أمام دراسة هذا المرض، وأمام اختبار معالجات له. وفيما يتعلق بالكيميائيين الصيدلانيين، وخلافاً للبيولوجيين، فإن تصور الطب التجديدي يشتمل على إيجاد أدوية علاجية - ستكون مثالية إذا ما كانت على شكل جزيئات صغيرة، بوسع

المرضى تناولها عن طريق الفم لتنبه نسج كى تتجدد - وليس مجرد التجريب العشوائي للمعالجة الخلوية.

ما زال العلم غير أكيد على الإطلاق. كما يكشف لنا عن الكيفية التي ستتطور وفقها أبحاث الخلايا الجذعية والطب التجديدي وربما يحتاج الأمر إلى جيل آخر أو جيلين قبل أن يساعدنا التقدم الكبير للبيولوجيا، الذي حدث في أواخر التسعينات، على جنر فوائد سريرية مهمة ولكن المكافأة الطب ستكون أحياناً مذهلة.

(*) Dirty and Dying but US Approved?
(١) bed of mouse "feeder" cells
(٢) gold standard

قد تتغلب النسيج المستنسخ من الخلايا الجذعية على الرقص المناعي.

كأداة بحثية للتوصل إلى فهم حديد للأمراض وفي حين أنه يمكن دراسة الاضطرابات الوراثية، كالتليف الكيسي مثلا، بواسطة اشتقاق خلايا ES من أجنة عرفت أنها تحمل هذه الحية المعيبة الوحيدة موضوع الدراسة [انظر المقالة الرئيسية]، فإن هذا غير ممكن في حال أمراض تنشأ عن جينات أو عوامل غير معروفة ومتعددة.

لقد أعلنت في الشهر 2005/6 مجموعة «هوانك» في كوريا عن اشتقاق خطوط من الخلايا ES استنسخت من مرضى يعانون طيفا من الأمراض الوراثية أو إصابات في النخاع الشوكي وقد تحصنت أيضا كهاية السيروسة، إذ أنتجت 185 بيضة بشرية تم التبرع بها، 31 جينا مستنسخا و11 خطأ من الخلايا ES وأكدت الاختبارات المختبرية أن كل خط خلوي متوافق مناعيا مع المريض الذي اشتق منه.

وفي غضون ذلك يتطلع باحثون آخرون إلى مقارنة بديلة لتخفيف الرقص المناعي للخلايا الجذعية، حتى إن البعض يرى أن موضوع الرقص المناعي يكمله قد بولغ فيه، ذلك أن خلايا الكيسة الأريمية والجين في طبيعتها أقل استماعة من الخلايا البالغة، ويلتصقون البطر إلى أن الغرائس العصبية مثلا، التي تستعمل في معالجة داء باركنسون، ستعبد من حقيقة أن الجهاز المناعي يكون في الدماغ أقل فاعلية من مناطق الحسم الأخرى.

وتتعلل إحدى المقاربات بهندسة الخلايا الجذعية بطريقة ما تجعلها أقل استماعة، أو أكثر توافقية مع المريض وهناك بديل آخر أكثر تطرفا يتمثل بطمس الجهاز المناعي للمريض طمسا كليا، وإعادة سانه من جديد بحيث يطابق الخلايا المغترسة كما أن بعض الباحثين روج لفكرة أكثر تطرفا بكثير، وتتمثل بتطوير «خلايا مانحة عامة»⁽¹⁾، يمكنها أن تتوافق مع أي فرد من الأفراد: بيد أنه ليس من الواضح فيما إذا كانت أي من هذه

الطرائق قد تنجح عند التطبيق العملي.

وهناك مشروع طويل الأمد، ربما أقل طموحا، إنما أكثر قابلية للإنجاز، يتمثل بفكرة تخفيض الرقص المناعي إلى الحد الأدنى، عوضا عن استبعاده كليا، وذلك بالإنشاء التدريجي لبنك من الخلايا الجذعية.

يشتمل على عدد كبير من مئات الآلاف الخطوط الخلوية، ويمثل بقدر الإمكان صيفا كاملا من السمات السمية ويمكن عديد لاي مريض بحاجة إلى خلايا جذعية يسوق الحصول على خلايا ذات تصدق حسي حدد أن سم يكن كاملا ■ < (<) >

The Cloning Connection (١)
Immunogenic (١)
11 2005 10 01 2005 11

قد يُمكن الاستنساخ العلاجي من تكوين أعضاء من أجل الإغتراس التعويضي

عالميا ما يشعر علماء الخلايا الجذعية بالغضب للطريقة التي يحلط فيها الناس بين أبحاثهم وبين الاستنساخ، مع أن الاستنساخ لا يؤدي أي دور في معظم أبحاث الخلايا ES، التي تُجرى حاليا ويتمثل أحد الأسباب لهذا الخلط في أن الحقلين كليهما يشتملان على إنشاء الأجنة.

وقد يوجد سبب ثان لهذا الخلط، ويتمثل في مصادفة التوقيت. فلقد تم لأول مرة زرع الخلايا ES البشرية مباشرة بعد ولادة «دولي»، ولقت المعلقون النظر فوراً إلى الإمكان المتمثل بدمج الاكتشافين معا. وتم ابتكار المصطلح الاستنساخ العلاجي therapeutic cloning لوصف إنشاء جنين مستنسخ كمصدر للخلايا ES، ويتم في هذه السيروسة تدمير الجنين، وبالمقابل، فإنه يتم في الاستنساخ التنوادي reproductive cloning إنتاج طفل يبدأ من الجنين المستنسخ.

ومع ذلك، لا يمكن الابتكار أن الاستنساخ يشكل بندا مهما في برنامج (اجندا) agenda أبحاث الخلايا الجذعية، ذلك أن الاستنساخ يبدو الأسلوب الأفضل للتغلب على مشكلة سيروسة جذية، تتعلق باغتراس الخلايا والأعضاء، ويتمثل بالرفض المناعي فالجهاز المناعي يهاجم أي طعم لا يكون من الناحية الوراثية مثيلا للمريض وحتى في حال غرسة حسنة التطابق، فإن نجاح الاغتراس يتطلب معالجة تستمر مدى الحياة بعقاقير كابطة للجهاز المناعي. وهذه معالجة ذات تأثيرات جانبية خطيرة، بما في ذلك استعداد متزايد لعدوى (للحمى) والسرطان.

ويتم في الاستنساخ العلاجي استعمال تقنية نقل نواة الخلية الجسدية somatic cell nuclear transfer (SCNT)، وهي التقنية التي تم بواسطتها إنشاء «دولي». فنواة خلية ما من خلايا المريض تُنقل إلى بيضة تم التبرع بها وأزيلت نواتها. ثمة عندئذ البيضة لتسلك وكأنه قد تم إحصائها، لتتنامى إلى جنين يمكن أن يصبح مصدرا للخلايا ES.

يكون دماها DNA ذات دنا المريض [يشير معارضو الاستنساخ إلى أنه يمكن اغتراس هذا الجنين في الرحم لينمو إلى رضيع].

ولكن مما يؤسف له أن التقنية SCNT هي سيروسة غير فعالة في الحيوان، كما في الإنسان. إن أول التقدير الموثوقة علميا عن الاستنساخ البشري بشر في العام 2004 من قبل «الأمم المتحدة» و«الأمم المتحدة» (من جامعة سيول الوطنية) لقد استعمل هذا الفريق 242 بيضة ليحصل على 30 جنينا مكررا،

اشتقوا منها خطأ واحدا عيوشا من الخلايا ES وتمتلك كوريا الشمالية سرورعة من الخلايا المستبرع بها للبحث العلمي، مكنت العلماء من الحصول على بيوض جنود موعبة.

وفي الواقع، حتى لو أمكن جعل

الاستنساخ العلاجي فعالا، فإنه يصعب تصور الحصول على عدد كاف من البيوض البشرية، وجعلها متاحة لاستعمال التقنية على نطاق واسع في العيادات [ما لم يحدث اختراق تقني غير متوقع]. بيد أن العلماء ياملون في المستقبل القريب استخدام الاستنساخ العلاجي



عُملُ التخصص من داخل الجسم

قد تنجو الخلايا الجذعية البالغة من الجدل الأخلاقي، الذي يدور حول نظيراتها ذات الأصل الجنيني. ولكن كما نلاحظ (>، سورز)، فإن أهميتها السريرية العملية لا تزال سديدة العموض.

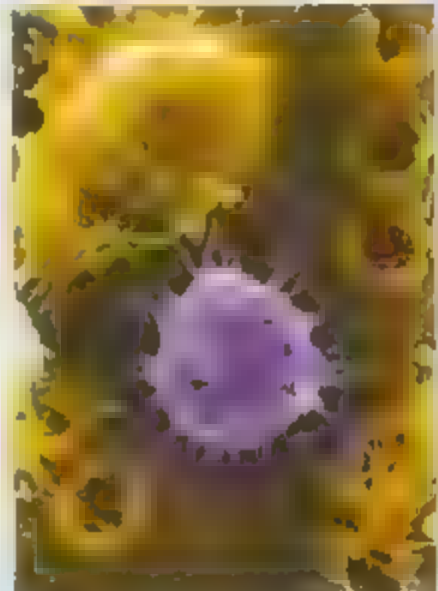
مازال استعمال الخلايا الجذعية في المعالجات السريرية فكرة مستقبلية تتوهج بالآمال، بيد أن لإحدى هذه المعالجات تاريخاً من النجاح يرجع إلى ما قبل 40 عاماً تقريباً. فلقد تمت معالجة عشرات آلاف المرضى بغرائس من نقي العظام، واتضح أن تسريب خلايا جذعية صحيحة بوسعه أن يجدد قسماً من الجسم كف عن أداء وظيفته وكان قد قاسى مرضى معظم هذه المعالجات اضطرابات ولادية دموية أو مناعية، أو أن نقي العظام لديهم كان قد تآذى بسبب المعالجة السرطانية ونتيجة لذلك، فإن الخلايا الجذعية المكونة للدم في نقي عظامهم، التي تنتج يومياً في الحالة السوية بلايين الخلايا الدموية والمناعية، تحتاج إلى الاستبدال.

ومنذ عام 1968، أصلحت هذه الغرائس بنجاح كبير قدرة المريض على صنع خلايا دموية ومناعية صحيحة ومع اكتشاف العلماء في العقد الماضي أنماطاً إضافية من الخلايا الجذعية في كل مكان من الجسم البشري، تنامت الحماسة لإمكان استبدال أقسام أخرى من الجسم كفت عن أداء وظائفها، وذلك بتجديدها أيضاً عن طريق غرائس من الخلايا الجذعية.

ومع تنامي معارف الباحثين فيما يتعلق بخصائص الخلايا الجذعية وسلوكها، فإن اتفاقهم يتناقض فيما يبدو حول الإجابة عن أسئلة أساسية تماماً، تتعلق بالهوية الحقيقية لهذه الخلايا، وبالمكان الذي تنشأ فيه، وما الذي تستطيع أن تقوم به فعلاً، وكيف تنجز ذلك. بناءً على ذلك، ومع أن الخلايا الجذعية البالغة

قد لا تستثير الكثير من الجدل السياسي القائم حالياً، فلقد أصبحت من الناحية العلمية أكثر إثارة

تشق الخلية المكونة للدم (الأرجواني) من نقي العظام. إنها أولى الخلايا الجذعية البالغة التي استعملت علاجياً لتجدد خلايا الدم والمناعة عن غراس نقي العظام.



للجدل من نظيراتها الخلايا الجذعية الجنينية ولحسن الحظ، فإن معظم الباحثين قد يفتق كحد أدنى على تعريف أساسي: على الخلية الجذعية (سواء كانت جسمية (بالغة) أو جنينية) أن تجدد نفسها تجدداً لا نهائياً عبر الانقسام الخلوي، وتستبقى في الوقت نفسه حالتها الجنسية، محتفظة بإمكاناتها لتنتج خلايا بنات ذات أنماط متخصصة أكثر. ويبدأ هذا الإنتاج الخلوي بأن يمايز نفسه بصورة جزئية، محتفظاً في الوقت نفسه بنوع من المرونة يسمح له بأن يعمل كسليقات لتنوعات خلوية عديدة في عضو أو جهاز خاص [انظر الإطار في الصفحة المقابلة]. فمثلاً، يمكن للخلايا المتحدرة من الخلايا الجذعية الخاصة بالحممة المتوسطة⁽¹⁾، التي توجد في نقي العظام، أن تصبح عظماً أو غضروفاً أو خلايا دهنية وأنواعاً مختلفة من الخلايا العضلية والخلايا التي تبطن الأوعية الدموية (أي البطانة).

ومع أن النسيج الذي تتشكل من الخلايا الجذعية لنقي العظام تبدو على ما يظهر متباينة، فإن لها صفة مشتركة واحدة فعندما يبدأ جسم الإنسان بالتشكل، تنشأ جميع هذه الخلايا من الطبقة الوسطى، أو الأديم المتوسط للجنين المتنامي. وتشكل هذه الحقيقة محورا لأكثر الأسئلة أهمية، والذي تتم مناقشته من قبل علماء الخلايا الجذعية، ويتمثل فيما إذا كانت الخلايا الجذعية البالغة قادرة على التحور تمايزياً أي أنها قادرة على إنتاج نسيج جديدة وظيفية خارج سلالة طبقتها الحبيبية ويمكن للاحاسة عن هذا السؤال أن تكون حاسمة فيما يتعلق ببعض المعالجات التحديدية الطموحة القائمة على الخلايا الجذعية الجنينية.

لقد اعتبرت الخلايا الجذعية البالغة تقليدياً ذات إمكان محدد، وهو أنها تستطيع أن تنتج فقط تنوعات خلوية تقع فقط ضمن سلالتها الخاصة بها. لذا، فهي توصف عادة بأنها عديدة الإمكان multipotent، وليس متعددة (كثيرة) الإمكان pluripotent. كـالخلايا الجذعية الجنينية، بيد أن كثيراً من المجموعات البحثية ادعت في السنوات الأخيرة أنها استطاعت أن تجعل الخلايا الجذعية

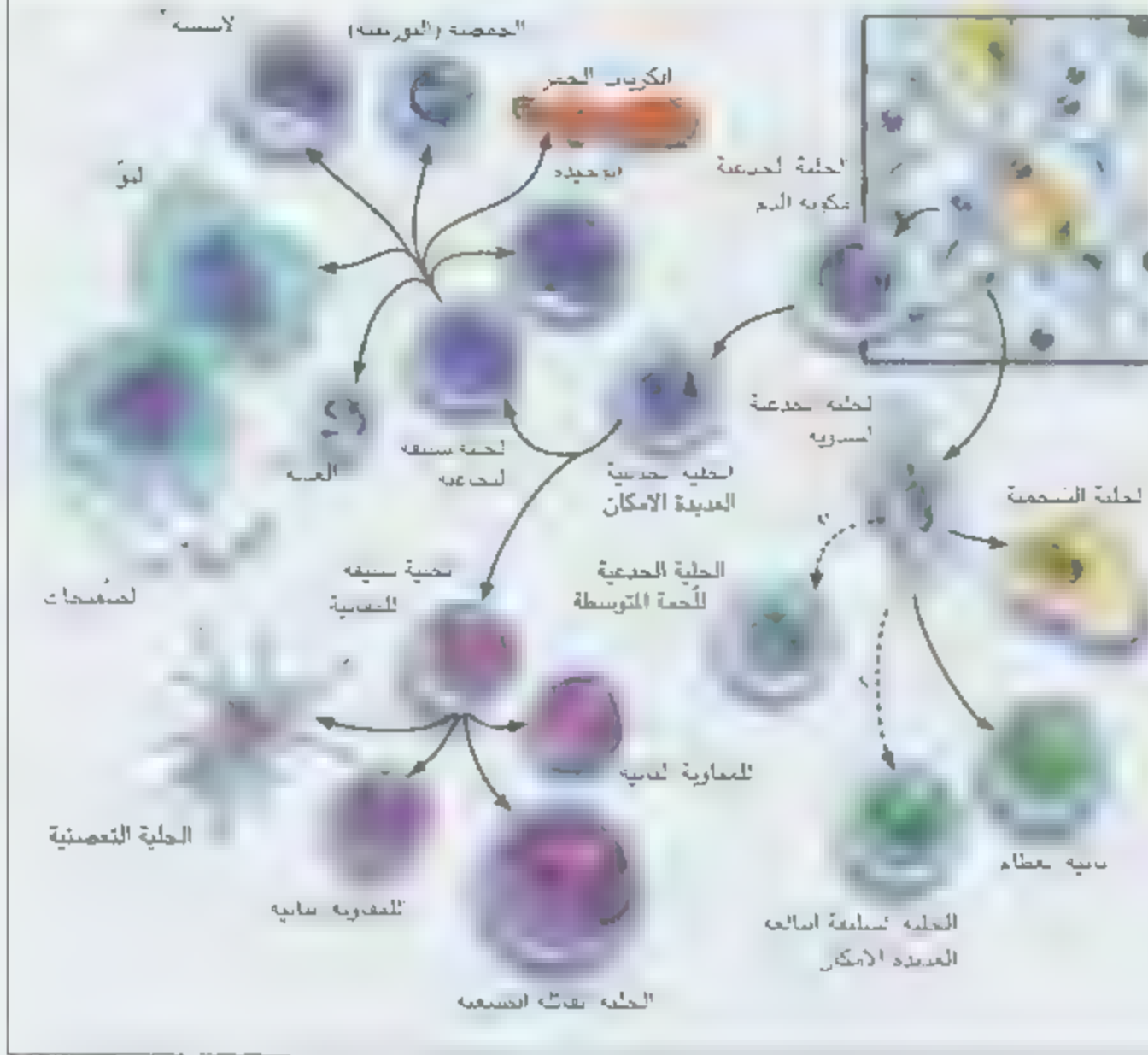
تتجاوز الخطوط السلالية الخاصة بها. فمثلاً حولت الخلايا الجذعية المولدة للدم إلى كبد والخلايا الجذعية العصبية إلى أوعية دموية وخلايا اللحمية المتوسطة إلى عصبونات. ففي عام 2002، وصفت (>، قيرفيلي) من جامعة مينيسوتا في بادئ الأمر خلية جذعية بالغة جديدة من نقي العظام، يمكنها أن تنتج أنماطاً خلوية من السلالات الجنينية الثلاث، واطلقت عليها اسم الخلية السليفة البالغة العديدة الإمكان multipotent adult progenitor cell (MAPC). وتفكرت «قيرفيلي» أن مرونة هذه الخلية قد تكافى الخلية الجذعية الجنينية وفي الواقع، فإنها اعتقدت أن الخلية MAPCs هي خلايا جنينية لم يطلها التنامي التمايزي. فهي تعمل وفقاً لآلية تصليحية شاملة ترمم بوساطتها الجسم البالغ.

وبالتأكيد، فإن خلية من هذا النمط أحادية الحجم وتلازم الخلايا الجذعية جميعها، قد يحلان معضلة تجدد النسيج التي لم يتم فيها اكتشاف سلفيات موضعية، كما هي الحال في القلب، أو حيث تكون الخلايا الجذعية الموضعية بالغة النادرة ويصعب الحصول عليها، كما هي الحال في الدماغ. ولكن مما يؤسف له، أن باحثين آخرين واجهوا صعوبات جمة فيما يتعلق بإنتاج بعض ندحات الحبيبة MAPC، ولا يزال الباحثون المعنيون يبحثون عن الإمكان الحقيقي لهذه الخلايا. وقد ألقى أيضاً التفحص التالي ظلالاً إضافية من الشك على كثير من الزعم المتعلق بالتمايز التحويري، وذلك فيما يتعلق بأنماط أخرى من الخلايا الجذعية البالغة.

وحتى في النسيج ذات السلالة الواحدة، فإن اغتراس الخلايا الجذعية لا ينجح دائماً على نحو متميز. وعلى وجه التخصيص، فإن المحاولات لصنع خلايا جذعية أخذت من الدم أو من نقي العظام، وولدت نسيجاً جديداً في القلب، عرضت نتائج متضاربة. وقد لوحظ أحياناً في التجارب السريرية، التي تناولت مرضى تنذبت قلوبهم نتيجة هجمات قلبية، تجدد نسيجي بسيط ويحدث

REPAIR WORKERS WITHIN
mesenchyma (1)

مستودع الخلايا الجذعية



إن في العظام هو موضع نموذجي لأكثر خلايا الجذعية البالغة دراسة، إنها خلايا الجذعية المتوترة للدم، التي تنشئ سبقات فصليتي خلايا الدم والمخاطبة ويسج الخلايا الجذعية اسدوية stromal ملاتع الدهر والعظم. وقد تكون سلفيات - أو أمها مطابقة - خلايا الأخرى التي اكتشفت حديثا، وعرفت بالخلايا الجذعية الخاصة بالحملة المتوسطة والخلايا السليفة اسالفة العديدة الإمكان multipotent (adult progenitor cells - MAPCs) صفه. إني ذلك، يُزعم أن خلايا جذعية بالغة اكتشفت في أنواع مختلفة من مسج أخرى، بما في ذلك الدماغ والعين والجلد والعصلات وبب الأسنان والأوعية الدموية والسبيل المعدي المعوي.

وتتعاظم فعلا شعبية حقن الخلايا الجذعية المشتقة من النسيج الدهني كوسيلة لتسريع التئام إصابات العظام والغضاريف في الخيل. ويمكن الاستفادة من هذه الخلايا في الإنسان أيضا لاستعمالات معينة، ذلك أن جنين هذه الخلايا أسهل من جنين الخلايا الجذعية الخاصة بالحملة المتوسطة لنقي العظام، بيد أن الباحثين وجدوا أن هذا النمط من الخلايا، شأنه شأن الخلايا الجذعية البالغة التي جرت دراستها حتى الآن، يبدي ضعفا واضحا في نشاطه أما في المراحل المتأخرة من الحياة، حيث تكون الحاجة إلى التصليح أكثر احتمالا، فإن الخلايا الجذعية للشخص نفسه لن تشكل الرهان الأفضل فإلى أين يتجه المريض إذا؟

ويتمثل أحد المصادر الكامنة للخلايا الجذعية العلاجية الطازجة بالنسج المتبرع بها من الأجنة الناتجة من إخصاق الحمل أو الإجهاض. وتصنف هذه الخلايا على أنها

وقد لا تكون المعالجات ذات الشروط الأقل تهديدا للحياة أقل انتشارا وتتقدم فعلا على نحو مستمر تجارب سريرية لاختبار مدى سلامة مواد يبنى منها الثدي وتنشأ عن خلايا جذعية توجد في النسيج الدهني. وفي العامين القائتين اكتشفت أيضا خلايا جذعية في كل من الجلد والشعر، وستأخذ هذه الخلايا بالتأكيد مكانها في الأعمال التجميلية. ويأمل الباحثون في نطاق الأسنان أن يجعلوا الخلايا الجذعية التي اكتشفت في الأسنان وحولها أن تجدد ميناء السن أو تاجها، مع العلم بأن إنماء سن جديدة كليا من لا شيء قد يكون أقرب إلى الإنجاز مما ستنشئه الخلايا الجذعية قريبا. وحتى الآن، كان الإنجاز الأفضل للخلايا الجذعية عندما تم تطبيقها ضمن السلالة الخاصة بها حيث تنتج كمية ضئيلة من النسيج الجديد، أو تدعم التجدد الطبيعي فمثلا، في الشهر 2004/12 أعلن أطباء المان أنهم أصلحوا فضوة كبيرة في قحف فتاة صغيرة باستعمالهم تضامية من طعم عظمي وخلايا جذعية اشتقت من خلايا النسيج الدهني لهذه الفتاة

مثل هذا التحسن حتى في الحالات التي لم تعثر فيها الدراسات على دليل على أن الخلايا الجذعية أسهمت بأي خلايا جديدة للعضو الملتئم. ومفتاح هذا التناقض الظاهري قد يكمن في أن الخلايا الجذعية بوسعها أن تفرز كيماويات نمو تأشيرية، وتسهم في تشكيل أوعية دموية جديدة وبكلمة أخرى، فقد لا تنتج الخلايا الجذعية لنقي العظام المغترسة بحد ذاتها خلايا قلبية جديدة، بل قد تنشئ شبكة قاعدية أساسية لخلايا قلبية تشكل سلفيات خلايا قلبية لم تكتشف بعد وتجزئ السلفيات اسجهولة العمل التجديدي.

ويحاول معارضو إجراء المزيد من التجارب على الإنسان البرهان على أن إنجاز مثل هذه الغرائس قبل الفهم الكامل للآليات التحديدية الفعالة، يُعرض المرضى على نحو غير ضروري لخطر نمو ما يشبه الورم، أو لضربات قلبية شاذة بيد أنه بغياب بديل فعال لمرضى بحالة قصور قلبي، فمن المرجح أن يستمر التجريب، الأمر الذي يجعل إمكان التصليح القلب التطبيق الأول الأوسع انتشارا للمعالجة بالخلايا الجذعية البالغة، وذلك بعد الاعتراض التقليدي لنقي العظام.

Stem Cell Storehouse (SCS)
progenitors (1)
identical (2)
basophil (3)
neutrophil (4)
macrophage (5)

تحسين أساس الخلايا الجذعية - مسكن لهذا الحسد المعجزة - الحسد الأحمر نساخ

من أكثر المفاجآت تشاؤما ما كشفت عنه مؤخرا أبحاث الخلايا الجذعية في السنوات الأخيرة من حيث علاقة هذه الخلايا ببعض أنواع السرطان. ويعرف ابضاص دم واحد على الأقل، أنه نجم عن انحراف الخلايا الجذعية لنقي العظام عن مسارها السوي ويشتبه حاليا أيضا في أن أنواعا معينة من سرعان الدماغ والمعدة والثدي قد استثيرت نتيجة تحول الخلايا الجذعية إلى خلايا حيية وترى إحدى النظريات أن هذا قد يحدث عندما تعلق الخلايا الجذعية التي تكون عادة هاجعة، بـسيرة طراز تصليح الجرح فاستبقاؤها مفعلة لفترة أطول مما يجب يجعل الخلايا الجذعية عرضة للطفر، فتصبح عندئذ كابوسا بيولوجيا، أي تصبح خلايا سرطانية شادة تمكك، في الوقت نفسه، المقدرة التكاثرية للخلايا الجذعية

لقد توصل الباحثون فعلا إلى طرائق تعيد بوساطتها قرينة الخلايا الجذعية/ الخلايا السرطانية إلى نفع المريض نفسه لقد تم استثمار غريزة الخلايا الجذعية بـأساليب في حارب على أحيوان كي تنقل حية انتحارية إلى الحلاب لورمة تتركه انسج أسويه دور ي تد كما ن سمائل لغيرياني بين الحلاب لسرطانية والخلايا جذعية انسج موحرا اختبارة ميكانيكا يجعل من السهل التمييز في دم الشخص بين نمطي الخلايا الجذعية والسرطانية وبطبيعة الحال، تبدل جهود حثيثة بغية تعرف حقيقة لغة الناثير، التي تتخاطب بوساطتها الخلايا الجذعية كي يتم تحويل قدرة الشخص نفسه على الالتئام إلى ما يمكن أن يتصح أنه سيرة يمكن التحكم فيها بحيث تكبح نمو الخلايا الورمية

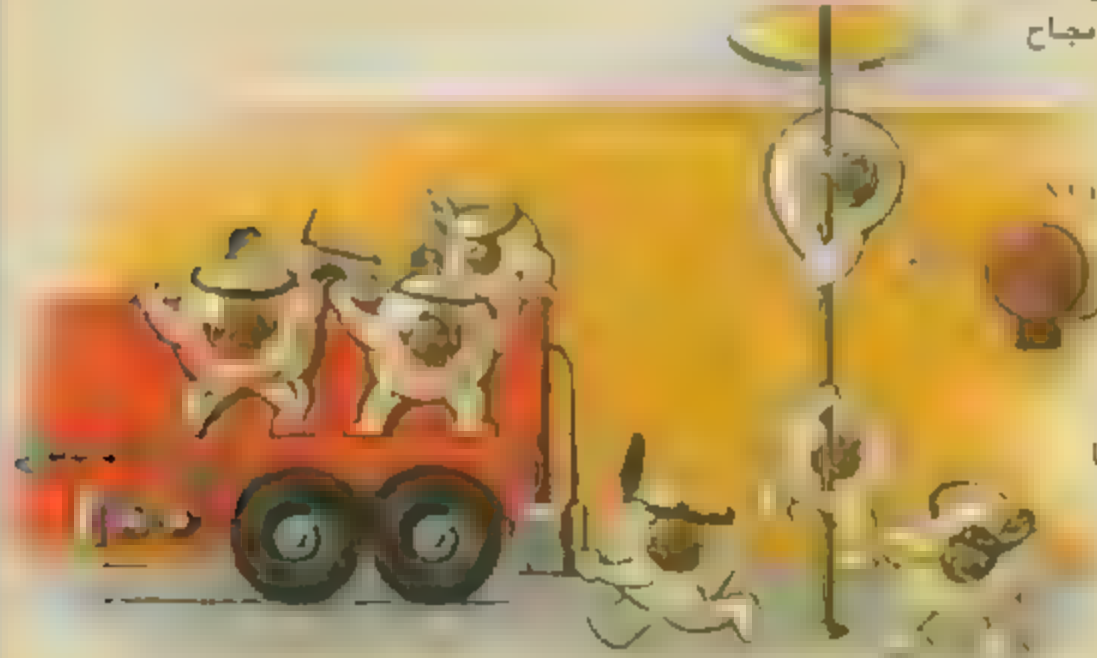
<C.S>

تعد المقدرة الفطرية للجسم على التجدد الأساس الذي تسعى المعالجات القائمة على الخلايا الجذعية كي تضاهيها وتحسن من فاعليتها ولهذا السبب، فإن أبسط السبل لكثير من المعالجات قد تشتمل على تعبئة الخلايا الجذعية احسنه فعلا في داخل جسمنا وتفعيلها ويركز حاليا جهد بحثي رئيسي على تعلم اللغة الكيميائية الدقيقة التي توجه سلوك الخلايا الجذعية في أثناء الالتئام الطبيعي للصرح وبوسع انهم التام لسيرة هذا الالتئام أن يساعد في بعض الحالات على استبعاد الحاجة إلى تسريب خلايا تمت تنعيمها في المختبر ويمكن للإيماءات الكيميائية الصحيحة أن ترمم حتى فاعلية خلايا المرضى المتقدمين في السن ومع أن الفوائد الكامنة كثيرة، فإن الأخطار ماثلة أيضا

وبغية الوقوف على أحد أنواع هذه الفوائد، يمكن النظر إلى عقبول تدريب معرط تقاسي العضلات منه الما مبرحا في مثل هذه الحالة، ترسل كل خلية مفردة اشارات كيميائية، وكأنها تستغيث طالبة العون وعندئذ تسحب الخلايا الجذعية لهذه الاستغاثة مباشرة، فترحل إلى المواقع المحورية المتدنية من الألياف العضلية وتشرع في إجراء ما يتطلبه التصليح.

لقد نسب في مطلع عام 2005 لبروتين اكتشف حديثا وأعطى الاسم لـ Delta خاصة تجديد الخلايا الجذعية البانية للعضلات في الفار فقد قام فريق بجامعة ستانفورد يقوده T راندوه بقرن فنران هرة بفنران فنية بوصل جهازيهما الدورائين احدهما بالآخر، بحيث يدور دم الفار الفتى في أوردة الفار لهم، فوجد هذا الفريق أن شيئا ما في الدم الفتى، يفترض أنه البروتين دلتا، قد جدد مستوى الفاعية الشبانية للخلايا الجذعية التي توجد في الفار لهم

لقد نجح الباحثون في الماضي بتحديد الكتلة العضلية للحيوانات عبر المعالجة لحبيب سحرية حيث تم تركيب بروتين مختلف يعرف بعض النمو السند بالانسولين (IGF-1) وبالفعل، فلقد كان مجاح التحارب على درجة من التميز بحيث استثار الخوف من احتمال قيام رياضي المستقبل بتنشيط عضلاتهم جييا وقد استثار العامل IGF-1 في البداية فاعلية الخلايا الجذعية وأمر تصحس بشره استطاع أن يستدعي إلى منطقة الإصابة خلايا جذعية نفس مناطق بعده لذا فإن بعض الباحثين يرى أنه عوضا عن الحاجة إلى اغتراس خلايا جذعية تجدد الفسيح المتأذي نتيجة الهجمة القلبية، فإنه يمكن لجرعة من العامل IGF-1 أن تستهل التصليح بوساطة الخلايا الجذعية الحائلة فعلا في الدورة الدموية، أو المحببة داخل لقلب نفسه وقد تتجع مقاربة مماثلة في أي عصب أو نسج ما إذا ما تعرف العلماء أيا من الإشارات التي ستستدعي الخلايا الجذعية الصحيحة كي تشرع في العمل ولعل ما هو أكثر أهمية هو تعرف كيف يمكن إيقاف فاعلية الخلايا الجذعية بعد أن تكون قد أنجزت عملها التصليحي وقد تكون



دماغية مماثلة أخرى

وفيما يتعلق بعلماء الغرب، ستكون تجربة «باتن» الاغتراس الأول لخلايا جذعية عصبية في دماغ الإنسان، وهي بيئة يحشى البعض من أن تكون صعبة فيما يتعلق بالمعالجة بالخلايا الجذعية. وخلافا للجلد والكبد والنسج الأخرى التي تصلح نفسها بعد الإصابة بصورة طبيعية، فإن الدماغ والنخاع الشوكي والنسج العصبية الأخرى

Patient. Heal Thyself (٠)
aftermath (١)
homing ٢

وتخطط هذه الشركة التي اسهم في تأسيسها <F. كيج> [من معهد سولك، والذي اكتشف لأول مرة الخلايا الجذعية العصبية] أن تعزس خلايا جذعية عصبية حنسية في أدمغة أطفال مصابين بداء باتن Batten وينشأ هذا المرض المميت عن إخفاق الدماغ في إنتاج إنزيم يزيل ماء الخلايا. فإذا ما أنشأت الخلايا الجذعية خلايا دماغية جديدة صحيحة تنتج الإنزيم المفقود، فإنه يمكن للمعالجة أن تخفف أعراض المرض، وينطوي ذلك على احتمالات مثيرة لمعالجة اضطرابات

بالغة adult، ذلك أنها توجد ضمن خلايا متميزة. بيد أن الفتوة المبكرة لهذه الخلايا تمنح العلماء الأمل أنه عندما يتم اغتراسها ستتلائم بسهولة مع محيطها الجديد وتنتج بفاعلية خلايا جديدة.

ويمكن لاختبار مهم لكل من الخلايا الجذعية الحنسية، وإمكانات المعالجات الدماغية ذات الأساس الخلوي عموما، أن يتحقق في هذا العام (2006)، إذا ما حصلت الشركة Stem Cell Inc. على موافقة الحكومة الأمريكية على تجربتها السريرية المقترحة

إن تحويل النسيج العضلي إلى عظمي، وإعادة نمو الأعضاء قد يكون ثمرة أبحاث إزالة التمايز.

ما الذي يستطيع فعله السلمندر newt؟ بسيط ويحاول الإنسان تعلمه؟ إن البرماني الصغير يستطيع أن يحد طرفاً قطع بكامله، أو عضواً أزيل برمته، بأن يصادر خلايا جسمية متميزة - عظمية وجلدية وعضلية وهلم جرا - ويرجع ساعتها البيولوجية إلى الوراء كي تصبح في حالة إزالة تمايز حدوة stemness، ويسمى السلمندر هذه الخلايا الجذعية بما في موضع الإصابة حيث بدأ نمو إعادة بناء الجزء المفقود من الجسم.

وعلى العكس من ذلك، مما أن تسير خلايا الثدييات في طريق نساها لتصبح خلايا عظمية، عظمية أو دماغية، حتى تصبح العودة إلى الوراء في الحالة السوية غير واردة ويقال عن هذه الخلايا بما في مرحلة لتمايز نهائي ومع ذلك، يمكن الأسرار من إزالة التمايز مثل يتواجد على الأظفار، يصدرها خلايا جذعية بادرة ومروعة داخل الجسم وأن يحاولوا قسر خلايا حديد من سبيح ما لحدود سبيح، عن بعد حر وعوضاً عن ذلك يمكن لحثه بـكرياس العادية أن تتحول إلى سليفات خلايا اسحة بلاسولين حتى مفرد في ذا السكري من انسداد ويمكن لحثه العصبي السوية أن تصبح مصنعة لعصبونات تستعمل في تصلب الدماغ والمخاع الشوكي.

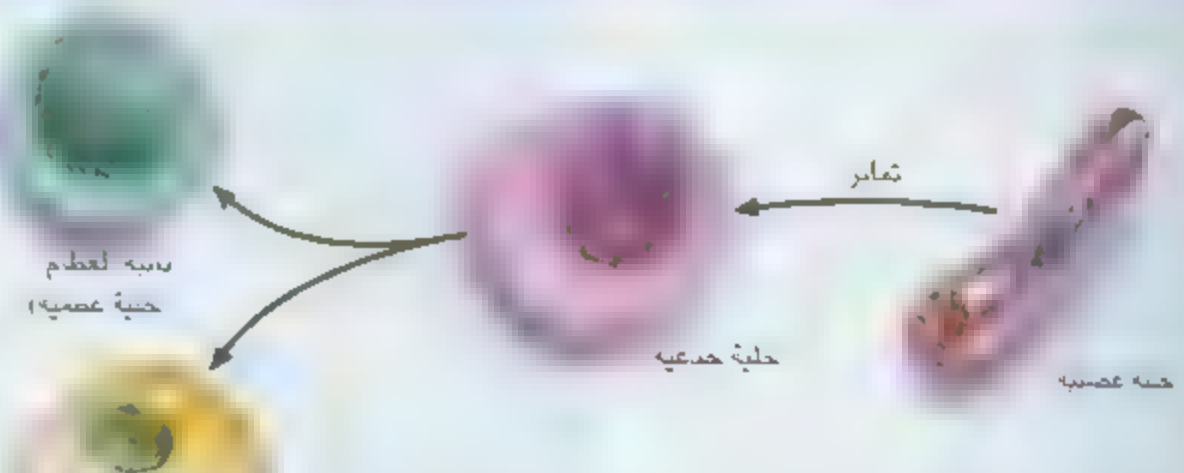
إن الأبحاث في هذه المقاربة قد بدأت للتو، بيد أن النتائج المبكرة مشجعة ومحيرة في أن واحد فقد بدأ في بادئ الأمر <M>، كيتيلكنه وزملاؤه [من كلية طب جامعة هارفارد] عام 2001 أن إزالة التمايز في الثدييات قد تكون ممكنة. وذلك بكوص الخلايا العضلية للفرار لدى معالجتها بحلاصة أطراف السلمندر الأخذة في التجدد. لقد عزوا الارتداد إلى بروتينات توجد في الخلاصة، وقد عملت على تفعيل جينة واحدة أو أكثر في النسيج المعالج.

وفي عام 2004 أعلن أيضاً فريق من معهد أبحاث سكرابيس إزالة تمايز الخلايا العضلية للفرار، ثم أعادتها للتمايز إلى خلايا عظمية أو دماغية. لقد استعمل الفريق جريراً كيميائياً صغيراً، عثر عليه بطريقة الفحرة والخطأ، واسماه ريفيرسين reversine، بيد أن الفريق غير واثق كيف يعمل هذا الجزيء.

ويدرس آخرون البيئة الطبيعية، أو العش niche، الذي تستوطنه عادة الخلايا الجذعية داخل الجسم كي يتعرفوا العوامل البيئية، التي يمكن أن تعلم الخلايا الجذعية بما يجب عليها أن تفعله. ومضى بحثاً يتم ذلك لقد استعمل <A> سكرابيسك و كيه [من معهد كارينكي في واشنطن] هذا النوع من المعلومات كي يتحكموا في الخلايا الجذعية لذباب العاكهة، التي تنتج في الحالة السوية البيوض في الأنثى عن طريق منافلتها إشارات صادرة عن العش، تمكنها من جعل الخلايا تتمايز، ثم تعود عن تمايزها ثانية.

إن هذا النوع من التمايز يدعم الفهم من هذه الأشياء التي ليست قد تكون حاسمة في تكون حدوة الحمار الجذعية والحفاظ عليها وكما يقول <D> رسوري [من معهد ورمين لعلوم] في مقالة مراجعة ظهرت مؤخراً أنه قد ينتج في النهاية من تحلل الجذعية لا شكل كسوية لحالة ثانية من بحالة حادة يمكن لأي حصة من نصير عيه. كما ما جعلت لها الشروط لصحيحة.

<C>



إن إزالة التمايز لخلية جسمية سوية، كليف عضلي مثلاً، تنسب في قدراتها خصائصها التمايزية وفي ارتدادها إلى حالة خلية جذعية بداسة أكثر. وبدءاً من هذه الحالة، يمكنها أن تعطي أنماطاً خلوية جديدة، كالحايات الدهنية أو العظمية، إن الوصول بهذه التقنية حد الكمال سيغني أنه بإمكان الخلية الجسمية النظامية أن تتحول إلى زاد غير محدود من الخلايا الجذعية، تعمل على تجديد النسيج.

لا تقوم بذلك، وما من أحد متأكد تماماً لماذا لا يحدث ذلك إن مجرد وجود الخلايا الجذعية العصبية البالغة يوحى بضرورة استطاعتها أن تعوض عن النسيج العصبي المأذني وقد حدث إخفاقها في القيام بذلك على التخمين أن شيئاً ما يعمل على تثبيطها.

وفي بداية عام 2005، أعلن باحثون من معهد شيبينس Schepens لأبحاث العيون في بوسطن بماساتشوستس عن اختراق يتعلق بهذه العضلة، فبمجرد أن نابلوا الجينة المسؤولة عن إرسال إشارات «إحصارية» إلى الخلايا الجذعية، استطاعوا أن يعيدوا بناء الأعصاب البصرية البشرية بفسرار وتركز التجربة الانتباه على مقاربة جديدة وأعدة للمعالجة بالخلايا الجذعية، وتتلخص الفكرة بتعلم لغة الإشارات، التي توجه في الحالة السوية سلوك الخلايا الجذعية على نحو يمكنها من أن تعين الخلايا الجذعية الخاصة بالمرض كي تقوم بالتصليح اللازم وفقاً للطلب [انظر الإطار في الصفحة المقابلة].

إن دراسة الأيماءات التي ترسلها الخلايا الجذعية وتلقاها في بيئتها الطبيعية، أخذة أيضاً بتحسين الفهم الأساسي للعامل الذي يمنح الخلية الجذعية كمونها. فإذا كان سر «الجذوععية» stemness بسيطاً ويتمثل بتفعيل جينات خاصة في مرحلة نوعية، يمكن عندئذ من حيث المبدأ لأي خلية في الجسم أن تتحول إلى خلية جذعية، وسيتم ذلك عندئذ وفقاً للحاجة [انظر الإطار في هذه الصفحة].

ويرجح أن تكشف الأبحاث التي تتقدم باستمرار حول كل من الخلايا الجذعية البالغة والجينية عما إذا كان هذا التفعيل عملياً وحتى الآن، فإن الخلايا الجذعية البالغة تبدو وكأنها تفتقر إلى الشمولية، التي تميز أقرانها الجينية، وحتى في وسط نسجها الخاصة بها، فهي تبدي تناقصاً في فاعليتها ومع هذا، فإن أنماطاً معينة من الخلايا الجذعية برهنت فعلاً على أنها ذات نفع كبير لتجديد وتصليح محدودين وتعد الأبحاث المختلفة العالمية النطاق، التي تتمحور حالياً حول هذه الخلايا، أن تكشف أكثر فأكثر عن قوة حمار التصليح الحاص بالجسم.

<C> سورز Making Stem Cells on Demand (١) السلمندر newt مضفدع مدني يعيش في مياه المناطق الباردة وقربها، كجبال الألب مثلاً review article (٢) manipulating (٣) blocking (٤)

خليط من القوانين

ملاحظ الكاسان ٨٠ كارستر، و ١٠ واسر، كثيرا من الحوادث في العديد حول ما يجب ان يسمح به في موضوع الخنا الحدم، هذا على الرعد من المحاولات اعدد لسووس الى توافق عام

إن استفادة العلماء من الإمكانيات الكثيرة لما تعد به أبحاث الخلايا الجذعية والاستنساخ العلاجي تتوقف على مكان عملهم في العالم. فهناك تفاوت وخليط مربك من التشريعات، وقليل من الاتفاق بين الدول على ما يجب أن يسمح به وعلى ما يجب ألا يسمح به. ولقد باءت بالفشل محاولات التوصل إلى توافق عام في أوروبا وفي الأمم المتحدة، كما يبقى النقاش على المستوى الوطني في بعض الدول غير محسوم أيضا العلم معقد، ومثله البعد الأخلاقي، ولكن المشكلة تكمن في الخلافات الرئيسية في الرأي حول أي الأجزاء من العلم يمكن اعتباره مقبولا هناك ثلاثة مواضيع علمية رئيسية تشكل محور النقاش: الخلايا الجذعية

الجينية البشرية، والاستنساخ التوالدي، والاستنساخ العلاجي. فبالنسبة إلى البعض، تعد الموضوعات الثلاثة مرفوضة بالفدر نفسه. وللبعض الآخر، فإن المواضيع على درجة كافية من الاختلاف بحيث يستحق كل منها دراسة مستقلة يشكل مصدر الخلايا الجذعية الجنينية البشرية نقطة خلاف رئيسية، ذلك أن هذه الخلايا تؤخذ من أجنة لا يتجاوز عمرها أياما قليلة. ويجري الحصول عليها بصورة أساسية من أجنة حُلِّفتها معالجات الخصوبة، ولكن هذا يقيد أنماط الأبحاث التي يمكن إجراؤها. وثمة بديل ممكن، يتمثل في إنتاج أجنة مستنسخة، ولكنه يتسبب في مازق أخلاقية إضافية فمنذ استنساخ النعجة «دولي» عام 1997،

أصبح على العالم التصارع مع التوقعات الجديدة المتمثلة في أن استنساخ الإنسان قد يصبح بالفعل ممكنا. والنقطة الوحيدة التي يبدو حاليا أن الدول كافة تتفق عليها هي أن محاولة الاستنساخ البشري، أو ما يدعى أيضا بالاستنساخ التوالدي، غير آمنة علميا وفاسدة أخلاقيا ومرفوضة اجتماعيا ولكن هناك سيرورة قريبة الصلة، تعرف بالاستنساخ العلاجي، لا يتنامى فيها أبدا في المختبر الجنين المبكر إلى أبعد من كره مجهرية من الخلايا وفي خلال ذلك، تُجرى على هذه الكرة الأبحاث لاستخلاص الخلايا الجذعية غالبا، ولكن أيضا بغية فهم أفضل للتطور المبكر للأمراض ذات الأساس الوراثي وقد أعلنت بعض الدول حظرا شاملا على جميع أشكال الاستنساخ البشري، وحظر بعضها الآخر الاستنساخ التوالدي، وكر سمح بالاستنساخ العلاجي وحفقت حتى الآن دول أخرى في وضع أي تنظيم، وكان ذلك غالبا نتيجة الإخفاق في التوصل إلى أي اتفاق. كما أن العديد من الدول أنظمتها الخاصة بها في اشتقاق الخلايا الجذعية الجنينية البشرية وفي استعمالها في الأبحاث ولتوضيح طيف التنظيمات المختلفة، يمكننا النظر إلى الفروق الكبيرة بين الولايات المتحدة والمملكة المتحدة تعد المملكة المتحدة واحداً من بلدان قليلة وضعت تشريعات تعبر صراحة عن السماح باستعمال الأجنة البشرية في أبحاث الخلايا الجذعية وفي الاستنساخ العلاجي. وكانت المملكة قد وضعت في عام 2001 تشريعات أولية ضد الاستنساخ التوالدي، بيد أن هذا الإجراء اتخذ بعد أن وسعت المملكة بنو قانون خصوبة الإنسان وعلم الجنين، الذي ينظم الأبحاث المسموح بها على الأجنة البشرية المبكرة.

لقد اتخذت هذه الإجراءات بعد نقاش عام ثم أقرت بأغلبية أكثر من اثنين إلى واحد في A PATCHWORK OF LAWS (٢٠٠٥)



وربر العلوم والثقافة البرزيلي «كاميوس» في أقصى اليسار في الصف الخلفي) يحصل مع معوقين بإقرار قانون الخلايا الجذعية في 2005/3/2. وقد كتب بالبرتغالية على صدور قمصان هؤلاء المعوقين قوبيد، «اسبرانسا» (esperança)، أمل يتوقعه الناس في جميع أرجاء العالم من المعالجة التي قد تأتي من الخلايا الجذعية

مع تعاظم الحجج حول من سيمتلك التقنيات المستقبلية التي تمخضت عنها أبحاث الخلايا الجذعية، يستعد محامو الشركات للمعركة.

الخلايا الجذعية • وبكلمات أخرى، كل ما له تقريبا علاقة بأبحاث الخلايا الجذعية

وسكو المستحدثون في أوساط الأبحاث الأكاديمية والتجارية من أن هذه البراءة واسعة أكثر من اللازم ولكن المجموعة WARF وكذلك المكتب الأمريكي للعلامات التجارية وبراءات الاختراع يدافعان عن البراءة على حلفية أنه إذا اعتقد المحررون لهم حقوق أساسية من بإمكانهم الدفاع عنها في المحكمة وعلى الرغم من استبعادها، فإن المجموعة WARF لم تقف حتى الآن أي من النشاطات البحثية التي تخص الغير، وذلك كما تقول «A» ربي [حيرة البراءات العلمية في كلية حقوق جامعة ديوك]، مشيرة إلى أن المجموعة WARF تقدم مجانا امتياز براءاتها للأغراض البحثية وتقول «ربي» إن الهدنة الحالية قد لا تدوم طويلا، وستنتهي حالما يكون منافسو المجموعة WARF في هذا المجال جاهزين لتسويق التقنية الخاصة بهم عندئذ، فإن اتساع براءات المجموعة WARF وشرعيتها سيتم تحديهما في المحكمة

إن النقاش الذين يرون في براءات الخلايا الجذعية عائقا في طريق تطوير تقنيات منقذة للحياة هم على خطأ، وذلك كما يقول «M» ويربر [مدير السياسة العامة في BIO أو منظمة التقنيات الحيوية الصناعية]، الذي يلاحظ «بأن الملكية الفكرية عامل حاسم في تقدم العلوم، ولأن تكون هناك استثمارات خاصة بدون حقوق البراءات» ويتابع «ويربر» إن الشيء الوحيد الذي يقيد أبحاث الخلايا الجذعية هو تهديد حقوق الملكية الفكرية للذين يقومون بها من أجل الربح

يصح «ويربر» بذلك النقاش حول براءات الخلايا الجذعية ببراعة في مركز النقاش الاجتماعي الواسع - في الولايات المتحدة وفي دول أخرى - حول كيفية التوفيق بين حماية الملكية الفكرية الضرورية لإقناع الشركات بالاستثمار في الابتكار وبين الحاجة إلى إبقاء قطاع خاص متاح وقادر أيضا على تعزيز التقدم

إن كلا منا يعرف شخصا ما يمكن مساعدته يوما ما بمعالجة طبية تقوم على تقانة الخلايا الجذعية. ولكن الأسئلة المشروعة التي تحيط بهذه التقنية الواعدة تبقى كلها، كما هي الآن، بدون حل. كما أن موضوع من يمتلك نتائج أبحاث الخلايا الجذعية سيصبح أكثر تعقيدا كلما بدأ المرء من الولايات الأمريكية برامجه الخاصة بتمويل تحارب الخلايا الجذعية، منشئة شبكة شديدة التعقيد من التمويل الخاص العام، الذي لا يمكن فسه في النهاية إلا في المحاكم.

«P» والدماير

من يمتلك الخلايا الجذعية؟ وأكثر تحديدا، من يجب أن يمتلك المعالجات الطبية المبدلة للحياة، التي قد تعبتق يوما ما عن هذا الحقل - حفل الأبحاث المستقبلية المثير للنزاع؟

قد يبدو من المبكر الاهتمام بموضوع حقوق ملكية تقنيات لا وجود لها بعد، وقد لا تصبح مجدية اقتصاديا أبدا. ولكن مع زيادة المال المتدفق على أبحاث الخلايا الجذعية - خاصة بعد نجاح مبادرة تصويت العام الماضي (2004) في كاليفورنيا، الذي يجبر للولاية تمويل أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية بثلاثة ملايين دولار - أصبح المراع حول حق الملكية ليس بالسعيد، وبذلك كما يقول خبراء قانونيون

كانت أبحاث الخلايا الجذعية، لسنوات عديدة حلت، مركزا لمعارك سياسية

هناك قلة من الدعاوى القضائية حول الخلايا الجذعية في الولايات المتحدة، ولكن الهدنة قد لا تبقى قائمة.

واحلاتية حادة. ونفى الآن المحاكم موقع المواجهة القادمة الصراع حول من يمتلك ماذا، في مجال مازالت الملكية الفكرية فيه أبعد ما تكون عن الموضوع «عامة»، كما يقول «B» وارن [خبير براءات الاختراع للتقنيات الحيوية في مكتب المحاماة سشرلاند اسبيل ويرينان] في ولاية أتلانتا، «تبرز دعاوى القضائية فقط عندما تكون هناك منتجات تجارية وسوق حصة لتقانة». أما الآن، وبعد دخول كاليفورنيا وولايات أمريكية أخرى في لعبة تمويل أبحاث الخلايا الجذعية، فإن هذا الوضع سوف يسرع تطوير التقنية، كما يقول حوران، «والدعاوى أتية حتما»، ويمكن أن يتم ذلك في السنوات الخمس القادمة

ويشير الخبراء القانونيون إلى أنه لا يوجد في الولايات المتحدة حتى الآن إلا لئزر القليل من الدعاوى القضائية حول الخلايا الجذعية، على الرغم من أن منظمة واحدة تدعي حق ملكية الاختراع للخلايا الجذعية الجنينية كامة وهذه المجموعة هي Wisconsin Alumni Research Foundation (WARF) وتدعي هذه المجموعة أن براءات الاختراع الخاصة بها تغطي «طريقة زرع خلايا جذعية لحبيب لبشرية، وكذلك أيا من الخلايا التي لها صفات

إعادة طرح قانون حظر الاستنساخ البشري لعام 2005 إلى الكونغرس، الذي قدمه في 2005/3/17 السناتور «S» براونباك» من كنساس، والذي اقترح حظرا فدراليا لا يفرق بين الاستنساخ التوالدي والاستنساخ العلاجي، وعلى الرغم من توفر الدعم القوي له، فقد أخفق مرتين منذ عام 2001 في جعله قانونا. وأعلن «براونباك» أيضا معارضته الشديدة لأي جهد في مجلس النواب لإعادة

The Next Frontier The Courtroom

بالأجنة - أي تشريع فدرالي أساسي ينظم أي شكل من أشكال الاستنساخ البشري ويعكس هذا الوضع الشرخ الموجود بين الذين يؤمنون إيمانا قويا بضرورة حظر كافة أشكال الاستنساخ وبين أولئك الذين يأملون أن يتناول الحظر الاستنساخ التوالدي فقط كما يعكس عدم القدرة على التوصل إلى تشريع مناسب، على الرغم من الجهود العديدة والمستمرة وكانت آخر التطورات في هذا الشأن

مجلسي البرلمان وأدت الجمعية الملكية، التي هي بمثابة الأكاديمية الوطنية للعلوم، دورا بالغا في إنكاء النقاش، الذي تمخض عن سيرورة غاية في التنظيم، نجم عنها حتى الآن منح امتيازات اثنين لإجراء الأبحاث على داء السكري وعلى داء العصبونات المحركة motor neurone disease

ويتباين صاوخ، لا توجد في الولايات المتحدة - على الرغم من وجود جماعة ضغط دينية نافذة تدين جميع الأبحاث ذات الصلة

خط واحد من الخلايا الجذعية بهذه الطريقة يحتاج في مئات لبوص اشهر
وحي تستشر عداتها مشكلات قسمة، جلافة

عدد ١٠٠ - بحال من حدمه كـ لوميا فكرة ربما يكون أكثر وعية تنشر
في حسي حلاب حدمه حسه حبة من لاحة اعدده التي بنح حارج الحسم
الحي (في الزجاج) in vitro وماتت تلقائيا فلقد شرع <W D> لاندري و <A H>
اكر - بالعل على حشرات لتعرف واسمات markers كتلك التي توقفت فهايت

الحسام الحلب، لي ساويها العلماء بالموت الدماغى brain death للأجنة
ومن لسجدة - عشرو - الباحث لاندري و اكر - سوف سيج الحصر
على ما يمكن عتده خلايا سسمة من حدة مئة في حمر سسمر فعال لاحة
عمر استعلة الدتحة من لاحتص نامحس ١٧٠، كم به يحجر الحسم احمر
بيتر في مكسة سسماح حلايا حدمية حبيبة يوم ما من حسم احد امصر
لستعناها في معالجة وسوف تكون هذه بحلايا الجذعية الداتته لمشا في
ممن من الرفض المناعي، في حين أن تلك المتأنية من أجنة مئة من تكون كس
لدا فقد يحتاج عتدث إلى مئات آلاف الخطوط الخلوية لاساده ومن ثم تحريم
كي تقدم للمرضى جميعهم خلايا متوافقة مع

وسيسر حلول مستعينة على سسماح خلايا حدمية فردية دور اند
لحس وعلى سسماح بصر بشرة عر محصية شاس مدح في سبرور
تصير الامد سسماح سسكل حصر وسماط طرو احمر ماسرة سسماح كس
الاقتراب من الجنين وعوضا عن ذلك تجنر الحلية الجذعية البالغة للعودة عن
نمايزها dedifferentiate أو تعود إلى حالتها الجنينية المتعددة الامكان
pluripotent سسماح هذا مفهوم يثار في هذه مرحلة انحصاء (الحسم
العدس) alchemy كس من قربه لى الكسما، لحصره وهما لحص السفري
الصاير في الشهر 2005/4 عن الاكاديمية الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة
هذه المقاريات بأنها تبدو حاليا وكابها مقيدة بعوائق تقنية عديدة

لقد ظهرت دراسة نقدية نشرت في مجلة نيو إنكلند جورنال أوف مديسن،
استهدفت خصيصا مقترح <هورليات>، قد تقلل أكثر فاكث من أهمية هذه
الامكار جميعها ويجادل كل من <D> ملتون و <G> دالي و <O> جينيكر [من
جامعة هارفارد] بأن إيقاف فعل جينة واحدة لا يمكن أن يمثل نقطة انتقاله
يكتسب فيها الجنين البشرى مولة أخلاقية ولا توجد أي علامة مرجعية
مشابهة، تطويرية أو كيميائية حيوية، يمكن أن تصفي بقينا أخلاقيا إلى
هذا النمط من المقاريات إن إنتاج مسوخ قريانية على مستوى صناعي قد
لا يرضي أولئك الذين يؤمنون بأن أي عث بالمادة البدنية للحياة هو امر خطأ. ■
<G> سسكس

مادا لو استطاع العلم، بهزة انبوب اختبار، أن يطوق الاعتراضات
الأخلاقية على أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية؟ هناك عدة مقترحات تتيح
للعلماء، من حيث المبدأ، الحصول على خلايا جذعية جنينية نفيسة دون
تعريض الجنين للأذى، الذي يعد فيما يتعلق ببعض مساويا في قسمة
النفيسة للخلايا الجذعية وبالنسبة إلى علماء التقانة الحيوية المتحمسين، تبدو
هذه المقترحات جيدة بدرجة لا تصدق وإنها كذلك في الواقع

لقد جذب <B. W> هورليات [من جامعة ستانفورد وعضو المجلس
الرياسي للأخلاق الحيوية في الولايات المتحدة، ومعتنق عبيد لمفهوم <الاحترام
لأخلاقي لكرامة الجنين>] الانتباه في اقتراحه إلى ضرورة تصافر الهندسة
الوراثية والاستسماح، في مسعى يسمى النقل النووي المعابر altered

إن إنتاج ما يرقى إلى مسوخ قريانية قد لا يرضي من يعتقد بأن أي عبث بالمادة البدنية للحياة هو أمر خطأ.

nuc ear transfer: حيث تستخلص في أحد البرامج المحثية نواه حلب راع
ونحو ذناب عمر حس، اكس ساسية في شاس نامي احمر لخص لخوا
عندئذ في خلية بيضية جاهزة لتتسط كهريانيا، تماما كما في الاستسماح
وإذا سارت الأمور كما يجب، فإن هذه الكينونة الحيوية التي يقول عنها
<هورليات> إنها لن ترقى أبدا إلى المستوى الذي يمكن تسميته بدقة الكائن
الحي، سسماح في أحسن الحالات كتلة غير منتظمة من الخلايا الجذعية،
ملانمة للأبحاث العلمية ولربما للعلاجات السريرية

لا يشاطر جميع المختصين بالأخلاقيات الحيوية حماسة <هورليات> لحطه
تلك فمن المحتمل أن تشبه الكتلة الخلوية الناتجة ورما مسخيا teratoma أي
ورما بشعا هو عبارة عن خليط من خلايا مختلفة الأنماط من خلايا الشعر إلى
خلايا العصلة إلى خلايا الأسنان وعلى الرغم من أنه لا يمكن تصنيغه جنينا في
نطر العديدين، فإنه بالتأكيد يثير ما أسماه <كاس> [رئيس المجلس الرئاسي
للأخلاق الحيوية في الولايات المتحدة] العامل المنفر (المفرز) yuck factor لأنه
يشخص بعمق الممارسات اللاأخلاقية ولقد تسال النقاد أيضا فيما إذا كان
سماش هالك ومقبت عن قصد هو من الناحية الأخلاقية أفضل من إتلاف
أجنة ليس لها مستقبل وإذا ما ترك النفور yuckiness جانباً، فمن أجل إنجاح

النظر في الحظر القائم على التمويل
الفدرالي لبعض الأبحاث الخاصة بالخلايا
الجذعية الجنينية.

إن المرعج في الأمر عدم وجود تشريع
فدرالي يمنع المختبرات الممولة من القطاع
الخاص من محاولة إنشاء مستنسخ بشري.
بيد أن نتيجة أي بحث من هذه الأبحاث سوف
تخضع لاحقا لموافقة إدارة الغذاء والدواء
الأمريكية، التي على الغالب لن توافق عليها
ويمكن للعلماء الحصول على تمويل
فدرالي لاستعمال الخلايا الجذعية الجنينية
البشرية في أبحاثهم، ولكن فقط الخطوط

(السلالات) الخلوية التي طورت قبل عام
2001، ويتوفر من هذه الخطوط الخلوية اثتان
وعشرون فقط. كما أن بعض الولايات
الأمريكية وضعت تشريعات خاصة بها، تحرم
في بعض الحالات أشكال الاستسماح وأبحاث
الخلايا الجذعية الجنينية كافة، وتسمح في
بعضها الآخر، وبخاصة ولاية كاليفورنيا،
بالاستسماح العلاجي، حتى إن هذه الولاية
تعهدت بملايين الدولارات لتمويل هذه الأبحاث.
وغالبا ما تنظر الدول التي تسمح
بأبحاث الاستسماح العلاجي والخلايا
الجذعية إلى تخلف الولايات المتحدة في هذا

المضمار على أنه أنباء طيبة جدا. وتشهد
على ذلك مستويات الاستثمار بهذه الأبحاث
في المملكة المتحدة. وعلى المدى البعيد، فإن
خسارة الخبرات والموارد في بلد يقود العاد
علميا، يعني أيضا خسارة تقع على المرضى
في العالم كله، ذلك أن التوصل إلى أسرع
تقدم ممكن يتطلب جهدا عالميا.

أما في الدول الأخرى، فإن الأرا
والتشريعات متنوعة بالقدر نفسه فأوروبا
منقسمة على نفسها في هذه المواضيع؛ إذ إن
غالبية الدول الأوروبية، بما في ذلك ألمانيا
Engineering Aside the Morality (٩)

هناك حاجة إلى جهود علمية عالمية لإنجاز أسرع تقدم ممكن، ولكن الآراء والتشريعات في العالم متباعدة تباعدا عميقا.

المملكة لم توقع على أي منهما؛ أي لا على المعاهدة ولا على البروتوكول. وبما أن المعاهدة والملحق لا يفرضان أي عقوبة على انتهاك هذه التشريعات، فمن المرجح ألا يكون لذلك أي تأثير مهم. فالبرتغال وقّعت المعاهدة وأقرتها رغم غياب أي تشريع وطني، مما يعطي مؤشرا محتملا إلى وجهة نظرها

وشاهد في الأمم المتحدة صورة مشوشة مشابهة: ففي عام 2001 شكلت لجنة للنظر في «تطوير معاهدة دولية ضد الاستنساخ التوالدي للإنسان». لقد تبين بعد أربع سنوات من توقف النقاش والتفاوض، ثم متابعتها، أن الدول الأعضاء غير قادرة حتى على الاقتراب من أي إجماع يدخل في الحظر الاستنساخ العلاجي أو يستثنيه.

وكانت منظمة الدول الإسلامية (Organization of Islamic Countries (OIC) في نهاية النقاش إحدى المجموعات الأكثر تأثيرا. ويشك في أن جزءا من السبب وراء كون بعض الدول - التي سعت إلى حظر نمطي الاستنساخ، كالولايات المتحدة وكوستاريكا - لم يضغط بما يكفي للتوصل إلى اتفاق ما، تمثل في أن نقاش اللحظة الأخيرة كان يشير إلى أن دول المنظمة OIC كانت ستؤيد اقتراحا بديلا. وجاء الاقتراح النهائي كمبادرة من بلجيكا ودعمته المملكة المتحدة، ليترك لكل دولة اتخاذ القرار الذي تراه مناسباً حول الاستنساخ العلاجي وعوضا عن إجماع واضح، كانت النتيجة إعلانا سياسيا مبهما ركيك الصياغة، ويبدو أنه يحظر أشكال الاستنساخ كافة. ونظرا لكون هذا الإعلان غير ملزم، فلن يكون له قطعاً أي تأثير في الدول التي تنوي دفع الاستنساخ العلاجي إلى الأمام.

ومما يؤسف له، أن هذه النتيجة تعني أيضا أنه لا توجد رسالة واضحة إلى العلماء الخارجين عن الإجماع المتمثل بأن العالم بأسره يعتقد أن الاستنساخ التوالدي غير مقبول ■

الجنوبية منقسمة هي الأخرى على نفسها؛ فالأكواوير تحرم أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية ونمطي الاستنساخ كليهما. أما البرازيل فتمنع الاستنساخ، ولكن قانونا صدر مؤخرا يسمح بأبحاث الخلايا الجذعية الحبيبية وبتمويلها. وتحرم كل من الأرجنتين والتشيلي والبيرو والأوروغواي نمطي الاستنساخ، والتشريعات إما أن تسمح بالخلايا الجذعية الجنينية أو لا تغطيها وكولومبيا فقط تسمح بالاستنساخ العلاجي، وكذلك أبحاث الخلايا الجذعية البشرية

إسرائيل وتركيا وحدهما في الشرق الأوسط لديهما تشريع ذو صلة بهذا المجال إسرائيل تسمح بأبحاث الاستنساخ العلاجي والخلايا الجذعية الجنينية، في حين تحرم الاستنساخ التوالدي. وتحذو تركيا عمليا حذو إسرائيل، فعلى الرغم من أن أبحاث الخلايا الجذعية غير مسموح بها صراحة، فقد أعفل القانون ذكرها

أما في القارة الأفريقية، فجنوب أفريقيا (نعم: لأبحاث الخلايا الجذعية، كلا: لنمطي الاستنساخ)؛ وتونس (الأبحاث الجنينية غير محرمة بالتحديد، وكلا نمطي الاستنساخ محظور) هما الدولتان الوحيدتان اللتان وضعتا قوانين بهذا الشأن

أما عن الدول التي ليست لها تشريعات وطنية، فيمكننا أخذ فكرة عن مواقفها من خلال محاولاتها العائرة، للتوصل إلى إجماع مشابه لما هو عليه على المستوى الأوروبي والدولي

لقد أدخل المجلس الأوروبي المعاهدة الغامضة حول حقوق الإنسان والطب الحيوي، ولكن ليس من الواضح إن كانت هذه المعاهدة تحظر الاستنساخ العلاجي. ولقد وقّعت على هذه المعاهدة إحدى وثلاثون دولة من الخمس والأربعين دولة الأعضاء، ومن بين تلك الدول أقرت هذه المعاهدة خمس عشرة دولة. وفي استجابة للنقاش الذي جرى في المملكة المتحدة، والذي سبق اعتمادها التشريعات حول الاستنساخ، وللتأثير في نتيجة النقاش، فقد وضع المجلس الأوروبي بروتوكولا إضافيا يحظر الاستنساخ البشري، ولم يكن من المفاجئ أن

والنمسا وفرنسا وهولندا، وضعت تشريعات تحظر الاستنساخ التوالدي والعلاجي ومع هذا، فإن تلك الدول لم تمض أبعد من ذلك كي تجاري بلدانا مثل إيطاليا وإيرلندا والنرويج والدانمرك التي حظرت أيضا الأبحاث التي تستعمل الخلايا الجذعية الجنينية البشرية وهذا ما يثير التساؤل الأخلاقي المهم فيما إذا كانت هذه الدول ستسمح لمواطنيها بالخضوع لمعالجات سيتم تطويرها في المستقبل

استعمال تقانات يعتبرونها غير مقبولة وتسمح بلجيكا والسويد وأسبانيا بالاستنساخ العلاجي وباستعمال الخلايا الجذعية البشرية في الأطر ذاتها التي يعمل بها في المملكة المتحدة، وهناك حاليا ضغط شعبي في كل من ألمانيا وإيطاليا لتنقيح تشريعاتهما، في حين أن إيرلندا تقوم بذلك فعلا.

وتختلف الصورة كليا في آسيا، حيث تتبع كل من اليابان والصين وسنغافورا وكوريا الجنوبية نهج المملكة المتحدة، بينما تتبنى الهند أبحاث الخلايا الجذعية الجذعية البشرية، وذلك كما تحقق مؤخرا في اللقاء الهندي - البريطاني الذي نظمته الجمعية الملكية، وهدف إلى إنشاء تعاون دولي في هذا المجال. ولكن حتى الآن لاتزال الهند تفرض حظرا على الاستنساخ التوالدي والعلاجي وكما هي الحال في أوروبا، فإن أمريكا



المندوب السامي البريطاني في الهند، سير M. أولر (في اليمين) يتحدث مع «K. فيجايرا كاثار» (مدير المركز الوطني الهندي للعلوم البيولوجية) في خلال ورشة عمل في الشهر 2005/4، حول الخلايا الجذعية وسوي المملكة المتحدة نقل بعض أبحاثها عن الخلايا الجذعية إلى الهند

المؤلفان

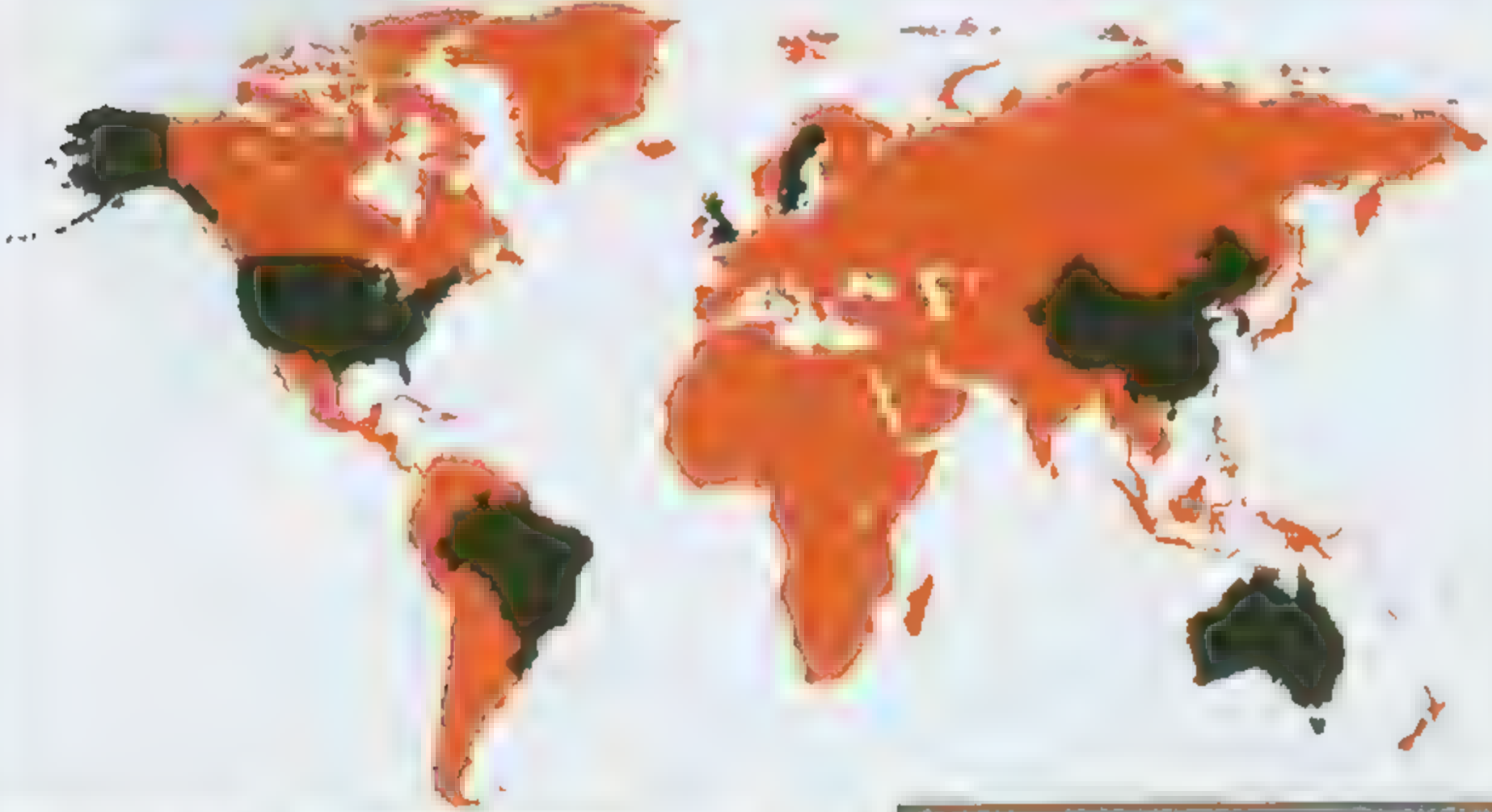
Richard Gardner - Tim Watson

كاريير رئيس مجموعة عمل في الجمعية الملكية Royal Society تعمل على أبحاث الخلايا الجذعية والاستنساخ ويعمل واثنين صحفيا لدى الجمعية الملكية

عدد كبير من مقاربات الخلايا الجذعية

قوبلت أبحاث الخلايا الجذعية في العالم بردود أفعال مختلفة تراوحت من الحماس، كما في المملكة المتحدة إلى لشك والنفور وعلى الرغم من ترديد القوانين الدولية المتساهلة فلا يظهر إجماع حول دعم هذه الأبحاث حتى لدى الدول التي تم استقائها في هذا العرض، والتي تعتبر تقدمية فيما يتعلق بموضوع الخلايا الجذعية. عمثلاً تقدم حكومة الولايات المتحدة مبلغ ضخمة (550 مليون دولار) لأبحاث الخلايا الجذعية بيد أن المبلغ المخصص لدراسات الخلايا الجذعية الحسنة البشرية لا يتجاوز 24 مليون دولار. وهذا أعلى بقليل مما تنفقه دول أخرى ذات مبراسة أقل بكثير من الولايات الأمريكية.

وتختلف الدول أيضاً في اختيارها لنمى الرقابة التنظيمية التي تمارسها. فلبعض قوانين تسمح وخطر نوعي بعض ممارسات المترفة مع أعمال الخلايا الجذعية الحسنة البشرية كالاستئناس العلاجي، والبعض الآخر يترك مراقبة هذه التجارب للأعراف الشرعية وقد أبدى الناقدون قلقهم حول عدم اتساق النظم الناتجة. فقد لاحظ أحد الباحثين أن تمويل الاتحاد الأوروبي للأبحاث أوجد وضعاً غريباً في ألمانيا، حيث يستطيع العلماء التقدم بمشاريع تعتبر رسمياً غير قانونية (تمثل أرقام التمويل القيم التقديرية، بالدولار الأمريكي، للإنفاق السنوي الحالي على جميع أبحاث الخلايا الجذعية البشرية، ما لم يذكر غير ذلك) **<S> بيرلسلي**



السويد

عدد خطوط سلالات الخلايا الجذعية الحسنة البشرية المنشورة 8

إنتاج خطوط حيوية جديدة مسموح به

الاستئناس العلاجي مسموح به اعتباراً من الشهر 2005/4

عدد الباحثين 400

التمويل الحكومي 10-15 مليون دولار

التمويل الخاص تسهم أكبر شركتي أبحاث في الخلايا الجذعية بالسويد هما الشركة سيلاريتيس والشركة نيرونوفا Cellartis and NeuroNova، بمبلغ 35 مليون دولار يصرف سرياً

تحتفظ الشركة سيلاريتيس، المصدر الوحيد والأكبر في العالم لخطوط محددة تماماً من الخلايا الجذعية الحسنة البشرية، بأكثر من 30 خطاً، منها اثنا عشر مضاداً عليهما من قبل المعاهد الوطنية للصحة في الولايات المتحدة

أستراليا

عدد خطوط الخلايا الجذعية الحسنة البشرية المنشورة 1

إنتاج خطوط حيوية جديدة مسموح به بشروط

الاستئناس العلاجي محرم

عدد الباحثين 200-250

التمويل الحكومي 90 مليون دولار. يتصرف مركز لخطوط الخلايا الجذعية الأسترالي للإيفاق حتى عام 11

عدد خطوط الخلايا الجذعية الحسنة البشرية المنشورة 3

إنتاج خطوط حيوية جديدة مسموح به

الاستئناس العلاجي مسموح به

التمويل الحكومي نحو 80 مليون دولار

التمويل الخاص 15-20 مليون دولار

أندرو ويلكم ترست Wellcome Trust وحدها، ومنذ عام 2002، مبلغ 12 مليون دولار سرياً منحت أول امتياز لأبحاث الخلايا الجذعية البشرية عام 1998 بحير قانون الإخصاب البشري وعلوم الأجنة لعام 1990 للمملكة، تمويل أبحاث الخلايا الجذعية الحسنة البشرية بشكل من

منحت أول امتياز لأبحاث استئناس الإنسان في المملكة عام 2004 وقد أعلن الحاصلون على الامتياز في الشهر 2005/5 عن أول جنين بشري مستنسخ في المملكة

الاتحاد الأوروبي

خطط حلوية جديدة من الخلايا الجذعية الجينية البشرية؛ يسمح به فقط من أجنة الأخصار في المختبر غير المستعملة في البلاد التي تسمح فيها بدمج تلك لأجنة

سبب - بعد أن محرم

السوم 170 مليون دولار لأبحاث الخلايا الجذعية على مدى السنوات لثلاث الماضية، (650 000 دولار فقط لأبحاث الخلايا الجذعية الجينية البشرية)

في 1999 بعد أن رفض

فريسي - خطط من أبحاث الجذعية الجينية البشرية مسموح به من أجنة الإخصاب في المختبر اعتباراً من الشهر 2004/10 التمويل الحكومي 4 ملايين دولار

بما سمح فقط لبعض على خطط من أبحاث الجذعية الجينية البشرية التي تم الحصول عليها قبل عام 2002 التمويل الحكومي 4 ملايين دولار

فلندا تسمح بالأبحاث على أجنة الإخصاب في المختبر التمويل الحكومي 5 ملايين دولار

إيطاليا أوصى استفتاء 2005/8/12 بالسماح بالأبحاث على أجنة الإخصاب في المختبر التمويل الحكومي 6 ملايين دولار

عدد خطوط الخلايا الجذعية الجينية البشرية المنشورة 1

اتفاق خطوط حلوية جديدة مسموح به إذا ما أُنشئت الأجنة خلال أربعة عشر يوماً

الاستئناس العلاجي مسموح به كما هو وارد أعلاه

عدد قرابة 150 في المؤسسات الصناعية الحكومية

الاتفاق الأكاديمي قرابة 10 ملايين دولار من مصادر حكومية وخاصة

الاتفاق الصناعي قرابة 10 ملايين دولار

هناك اقتراح حكومي متوقع يسمح باتفاق 60 مليون دولار خلال السنوات الأربع القادمة

عدد خطوط الخلايا الجذعية الجينية البشرية المنشورة 46

اتفاق خطوط حلوية جديدة مسموح به، ولكن تمويله غيراليا محظور

الاستئناس العلاجي شرعية هذا الاستئناس تختلف من ولاية لأخرى

عدد الباحثين 400

التمويل الفدرالي الحكومي قرابة 550 مليون دولار لأبحاث الخلايا الجذعية كافة (24 مليون دولار لأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية البشرية)

التمويل الخاص قرابة 200 مليون دولار

التمويل الحكومي على مستوى الولاية كاليفورنيا 3 بلايين دولار خلال عشر سنوات

تسمح الحكومة الفدرالية باستعمال تمويلها فقط على الخطوط الأثنى والعشرين من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية التي أنشئت قبل الشهر 2001/8 سوف تخفف التشريعات المقترحة بعض القيود الفدرالية

عدد خطوط الخلايا الجذعية الجينية البشرية المنشورة 29

اتفاق خطوط حلوية جديدة مسموح به بعد موافقة مسبقاً من وزارة الصحة لكل حالة

الاستئناس العلاجي مسموح به بعد موافقة مسبقة من وزارة الصحة لكل حالة

عدد الباحثين 300-400

التمويل الحكومي نحو 10 ملايين دولار

التمويل الخاص نحو 50 مليون دولار

ول من سحب خط من الخلايا الجذعية الجينية البشرية من حديق مستشفى وفي الشهر 2005 على عالم كوري جنوبي به نتج حد عشر خطاً جديداً من الخلايا الجذعية الجينية البشرية، مستنسخة من مرضى لديهم أدبيات في النخاع الشوكي ومن مصابين بداء السكري الشابيبي ومن مصابين باختلال في الدم

اتفاق خطوط جديدة من الخلايا الجذعية الجينية البشرية مسموح به اعتباراً من الشهر 2005/3 من أجنة الإخصاب في المختبر التي لا يتجاوز مدة حفظها ثلاث سنوات

الاستئناس العلاجي محظور

التمويل الحكومي 4.5 مليون دولار سنوياً مقدمة من قبل وزارة الصحة ووزارة العلوم والثقافة

عدد خطوط الخلايا الجذعية الجينية البشرية المنشورة 1

اتفاق خطوط حلوية جديدة مسموح به

الاستئناس العلاجي مسموح به

الاتفاق الحكومي قرابة 5 ملايين دولار

الاتفاق الخاص 15-30 مليون دولار

قاد الباحثون الأسر سبين إلهدي الفرق البحثية التي كانت الأولى في عزل خلايا الجذعية الجينية البشرية وقد كانوا أيضاً أول من أوضح أن الخلايا الجذعية الجينية البشرية يمكن أن تتغير إلى خلايا قلب، ويمكنها أيضاً أن تندمج مع النسيج

اتفاق خطوط جديدة من الخلايا الجذعية الجينية البشرية مسموح به

الاستئناس العلاجي مسموح به

عدد الباحثين 300-400

التمويل الحكومي والخاص قرابة 40 مليون دولار

أمايت مجلة بيثشر بأن الصين تمثل، على ما يبدو، أكثر الأحياء تحراً في العالم فيما يخص أبحاث الأجنة، مع القليل من المعارضة العامة لهذه الأبحاث ولا يوجد أي قانون يتحكم في أبحاث الخلايا الجذعية، غير أن توصيات وزارة الصحة تصادق عليها

(1) في الشهر 2005/12، تعرض هذا العالم لانتقادات شديدة حول ادعائه بأنه يمتلك دليلاً على أن فريقه استطاع تكريس خلايا جديده مصممة لعلاج بعض الأمراض، وذكرت جامعة سيول الوطنية بها سكتف التحقيق في ملف هذا العالم بعد الادعاءات بأن بعض الفقرات الرئيسية في أبحاثه ملفقة، (النحرير)

الخلايا الجذعية

الصين: التقرير الوطني

إن القوايين الإيجابية المتساهلة والتوظيف الواسع في هبات البحث المتساهلة يدعمان الجهد الأسوي الاعظم في الخلايا الجذعية

و للصير مصدر للخلايا البيضية cytes
أفصل مما يوجد في العرب: إضافة إلى
مهارات رائعة في النقل النووي، كما يقول
<P. ماونتفورد> [الرئيس التنفيذي للشركة
سليم سل ساينسز Stem Cell Sciences في
أدنبره]. ويضيف: «هناك الأيدي العديدة
الشديدة البراعة في منابطة تلك البقطة الصغيرة
(ليصور البشرية)»

ويكر العمل بالخلايا الجذعية الباع
يسود المشهد الصيني. «هناك تركيز كبير
جدا على نقل النتائج إلى المستوى السريري،
وهو عمل أكثر قبولا في الصين من
في الولايات المتحدة وأوروبا». كما يقول
«5. مينجر» من كلية الملك بجامعة لندن
«ولسوف تسبق المعالجة بالخلايا الجذعية
في الصين نظيرتها في الغرب».

ويتجسد المثل الأكثر بريقا في <J. تسو>
[من مستشفى هوانشان الذي هو جزء من
جامعة فودان في شانغهاي] يعمل <تسو> على
خلايا جذعية عصبية بالغة، تستخلص من نسيج
دماغية معزولة من مرضى يعانون جروحا
مفتوحة في الرأس (حالة محلية شائعة
مصدرها جروح عيدان الطعام chopsticks
حيث يغرز عادة عود القصب المذنب في محر
العين إلى داخل الرأس - غالبا خلال نقاش
حاد في أثناء الطعام - وعندما يسحب العود،
تبقى كمية كافية من نسيج الدماغ عالقة به
تكفي لتكون مصدرا لخلايا جذعية عصبية)
لقد حصل <تسو> على نتائج مشجعة من
تجربة سريرية اغترست فيها لثمانية مرضى
من هذا النمط خلاياهم الجذعية العصبية بعد
تنميتها ثم اغتراسها في موقع الأذية ولقد
أصاب هؤلاء نجاحا مرموقا، يفوق ما حققه
ثمانية آخرون عملوا كمجموعة شاهدة
(ضابطة)، أجريت لهم عملية الدماغ المفتوح.
إنما دون التطعيم بالخلايا الجذعية.
<C. كوكسون>

قيادة جيدة ولكن على ما يبدو ثمة فجوة
مؤقتة في المستوى المتوسط بين الباحثين الكبار
والشباب: أي في أطر الباحثين العاملين من
حملة الدكتوراه الذين يشكلون قاعدة البحث
العلمي في الغرب. ويوجد في الصين قليل من
الشركات الناشئة العاملة في مجال الخلايا
الجذعية، وما زال الاتجار بها في طوره المبكر
يستفيد باحثو الخلايا الجذعية في
الصين، كما هي حال نظرائهم في الدول
الآسيوية الأخرى، من بيئة أخلاقية وتشريعية،
هي بشكل عام أكثر ملاءمة للباحثين مما
يتوافر حتى في أكثر الدول الغربية تسامحا
«ويوازي الوضع الذي يمنح للجنين في الصين
مثيله في المملكة المتحدة، غير أن القوايين
تعالج هنا بلمسات أخف». كما تقول
<R. ريتشاردسن> [أستاذة القانون العام في
كلية كوين ماري بجامعة لندن]. وتتابع قائلة
«تستعمل غالبية مجموعات أبحاث الخلايا
الجذعية الجنينية في الصين أجنة طازجة».
إن الصين ممثلة جيدا بأعمالها المتعلقة
بالخلايا الجذعية الجنينية، إذ رسخت على
الأقل عشرة خطوط من الخلايا الجذعية
الجنينية، وتعمل على الاستنساخ العلاجي

للصين أكبر جهد أسوي في أبحاث
الخلايا الجذعية، مع تركيز خاص على دفع
الابتكار في المعالجات القائمة على الخلايا
الجذعية البالغة باتجاه التجارب السريرية
وعلى الرغم من عدم وجود إحصائيات
حامة حول الخليط ذي التسارع المتنامي،
الذي تملكه الصين في مبادرات الخلايا
الجذعية، فإن الصين لديها ما لا يقل عن
300 باحث في 30 معهدا مختلفا

في أواخر عام 2014 زار وفد من وزارة
التجارة والصناعة في المملكة المتحدة، أرسل
للاطلاع على أبحاث الخلايا الجذعية في
آسيا، دزينة من المختبرات الصينية، واستنتج
أن «كل موقع من المواقع التي شوهدت مجهز
تجهيزا جيدا، ولديه التمويل الكافي والأطر
البحثية اللازمة، التي ترقى إلى مستوى
مثيلاتها في المملكة المتحدة، وغالبا ما كانت
أفضل» تضم مختبرات الخلايا الجذعية
الصينية فيضا من الباحثين الشباب
المتحمسين، عاد كثير منهم إلى البلاد بعد أن
قصوا في أوروبا وأمريكا الشمالية فترة تدريب
بعد التخرج كما أن كبار الباحثين، الذين
عملوا في الخارج أيضا، يتمتعون بقدرات



ح. ويلر (في الوسط) من الموكيركي من نيو مكسيكو، تراقب إحدى فتيات المختبر في تياجين بالصين، وهي
تفحص عينة من الخلايا الجذعية نضجت حولز إلى الصين بعد اكتشاف الأطباء عينات من الخلايا الجذعية
من طفل صيني قد تتوافق نسيجيا مع جسم ابنتها <كلبي> التي تعاني فقر الدم اللاتسجي aplastic anemia

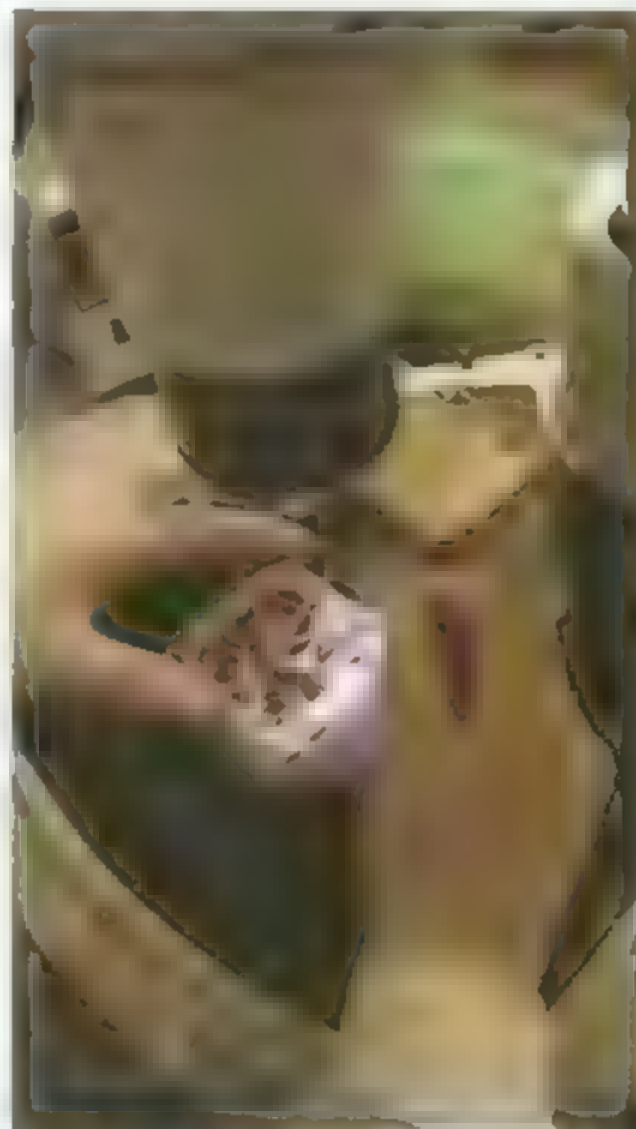
مواقف سلبية إيجابية تسمو بالعلميين البريطانيين فوق شجار هدام.

العالم، يقود المبادرات لدوليه في توصيف خطوط الخلايا الجذعية الجديية كفاءة والموجودة حالياً في العالم، وفي تعرف السمات البارزة فيها، وفي تقويم درجات التنوع التي قد تبديها الخطوط المختلفة

ولكن يبقى هناك وجه غير مشرق في المملكة المتحدة، يتمثل بتمويل القطاع العام لأبحاث الخلايا الجذعية إذا ما نُظر إليه بالمعايير الدولية. ففي عام 2002، أعلنت الحكومة عن توظيف 40 مليون جنيه إسترليني (أي 70 مليون دولار) في علوم الخلايا الجذعية التي تُجرى في مراكز أبحاث الدولة. ومع أن هذا المبلغ قد دعم بتمويل إضافي آخر، فإن التزام بريطانيا المالي تجاه تمويل أبحاث الخلايا الجذعية يقل عن تمويل بعض منافسيها في منطقة المحيط الهادئ الآسيوية، وأيضاً في بعض الولايات الأمريكية

ومع أن بريطانيا هي موطن لبعض الشركات الصغيرة العاملة في مجال الخلايا الجذعية، مثل ري نوردون ReNeuron وستم سل ساينسز Stem Cell Sciences، فإن قليلاً من الاستثمار يأتي من القطاع الخاص التقليدي، مثل الرأسماليين أصحاب المشاريع ومديري التمويل، الذين يرون أن الاستثمار في هذا المجال بعيد الأجل ومحفوفاً بالمخاطر (انظر: «حلية عصية على المستثمرين»، في هذا التقرير الخاص). وفي محاولة لردم فجوة التمويل هذه، قامت مجموعة معتبرة من العلماء ورجال الأعمال بتأسيس جمعية الخلايا الجذعية في المملكة المتحدة، وهي منظمة لاربحية، تحاول جمع 100 مليون جنيه لدعم تطوير الخلايا الجذعية بقصد المعالجة، وذلك بالتعاون مع البرامج الحكومية والخيرية الحالية

حلافاً لما حدث في بلدان أخرى. ليساً من المواضيع التي تختلف فيها الأحزاب. وقد أشاد باحثو الخلايا الجذعية الذين أتوا إلى بريطانيا من دول أخرى بأهمية الموقف العام والموقف السياسي الداعم لأعمالهم وهؤلاء هم: من الولايات المتحدة <R بيدرسن> إلى جامعة كامبردج و <S. مينجر> إلى كلية الملك بلندن؛ ومن ألمانيا <M شتويكوفتش> إلى جامعة نيوكاسل إن الموقف الإيجابي لحكومة المملكة المتحدة (مدعوماً بالحماس الأكبر من الموقف الاسكتلندي) التي شرعت بنجاح في أن تصبح بية إقليمية مواتية لعلوم الخلايا الجذعية - قد منح بريطانيا بنية تحتية جيدة في هذا المجال فبريطانيا تملك أول بنك للخلايا الجذعية في



يعمل باحثاً في مختبر بيولوجيا الخلايا الجذعية في كلية الملك بجامعة لندن على خلايا جذعية جينية بشرية

عندما بدأ السباق الدولي حول أبحاث الخلايا الجذعية في نهاية عام 1990، وضع عاملان اثنان من المملكة المتحدة في موضع قوي: الأول القوة التاريخية لعلم الأجنة وللعلوم ذات الصلة في المملكة، والآخر لآطار التنظيمي الراسخ

إن أي باحث يعمل على الأجنة البشرية لمكرة مدين علمياً لـ <P. ستيتور> و <R. إدواردز>، الثاني البريطاني الذي طور تقنيات الإخصاب في المختبر (IVF)، التي أدت إلى ولادة أول طفلة أنابيب في العالم هي <لويز براون> عام 1978 وقد أثارت هذه التقنية نقاشاً حاداً حول مدى أخلاقية استعمال أجنة «احتياطية» spare في الأبحاث، وهو نقاش بلغ الذروة في عام 1984 مع صدور التقرير الرسمي <M وارنوك> الذي شكل نقطة تحول وأوصى بالسماح بإجراء أبحاث يجري التحكم فيها على الأجنة البشرية حتى اليوم الرابع عشر بعد الإخصاب، وهو حد بقي معياراً عالياً واقعياً

لقد جسدت استنتاجات «وارنوك» بعد ست سنوات في إطار قانون ينظم مجال هذه الأبحاث، عند إنشاء هيئة الإخصاب وعلم الأجنة البشري وهكذا، عندما برز مجال خلايا الجذعية الجنينية والاستنساخ، كان الوضع جاهزاً في المملكة المتحدة لتعديل تشريعها القانوني بغية السماح للأبحاث على خلايا المشتقة من الجنين البشري لأغراض المعالجة (بما في ذلك الأجنة المستنسخة)، وتحرم في الوقت ذاته الاستنساخ التوالدي وهناك مشروعات قيد التنفيذ، قائمان على أبحاث الاستنساخ العلاجي في كل من جامعة نيوكاسل ومعهد روزلين

وفي بريطانيا، وعلى الرغم من وجود مجموعة ضغط واضحة ضد الإجهاض ومعارضة لأبحاث الأجنة، فإن هذه المجموعة لا تمثل إلا أقلية، إن الخلايا الجذعية والاستنساخ في المملكة المتحدة،

مناورة كاليفورنيا

صعق السنويون للولاية الذهبية (كاليفورنيا) معتمريها بـ 11 مليار دولار،
حسبها لعدم الخداع الحذرة، لأن «11 11» كنيسر» صرح بار شرد المعامرد قد يفوق تقديرهم

في الشهر 2004/11 الماضي، انتخب سكان كاليفورنيا بطلا فعلا لإصلاح ميزانيتهم المفلسة، وفي الوقت نفسه وافقوا على استئانة بلايين الدولارات بغية القيام بأبحاث تتناول المداواة المعتمدة على الخلايا الجذعية الحنسية لقد راهن دافعو الصرانب على المغامرة في هذا المضمار على الرغم مما تنطوي عليه من مخاطر جسام؛ إذ من الواضح أن هذا الموقف لا يعبر عن حالة نفور من تحمل المخاطر، ولكن أهالي كاليفورنيا، باندفاعهم للقيام بمبادرة أحجم عنها الكونغرس، قد قاموا بتجربة سياسية لها عواقب على المستوى الوطني. ومع أن الكثير من البيولوجيين الباحثين في مجال الخلايا الجذعية أظهروا اعتباطهم، فإن البعض أبدى قلقه من أن هذا التبديل المزلزل في السياسة، قد يصدع هذا المجال ويؤخر التقدم العلمي ويبعث أمالا غير واقعية لدى الجمهور؛ ذلك أن حجم هذه المخاطر لم يتضح بعد لقد ناكذ لدى أكثر علماء هذا المجال على الأقل أن النظام السابق لم يكتب له النجاح فوفقا للقواعد التي وضعها الرئيس «بوش» لا يمكن

للباحثين استخدام أي تمويل من المعاهد الوطنية للصحة أو غيرها من الوكالات الفدرالية لإجراء تجارب على أي من خطوط الخلايا الجذعية الجنينية البشرية، التي يبلغ عددها نحو 200، والمستقة منذ الشهر 2001/8 عندما وضعت القواعد موضع التنفيذ. وللأسف، فإن جميع خطوط الخلايا الجذعية الجنينية الـ 11 والعشرين التي تم إنشاؤها قبل ذلك التاريخ، كانت ملوثة بجزينات غير بشرية قد تؤدي إلى حصول هجمة مناعية تحد كثيرا من استعمالها في الطب «لاشك أن موقف المعاهد الوطنية للصحة، إضافة إلى المناخ السياسي، أحدثا تثبيطا حقيقيا في هذا الميدان»، كما صرح «كريكشتاين» [من جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو] وللاتفاف على القيود الفدرالية، أنشأت هذه الجامعة برنامجا لأبحاث الخلايا الجذعية عام 2002 بخمسة ملايين دولار، جاءت هبة من الرئيس السابق لشركة إنتل Intel A. كروف، وعُهد إلى «كريكشتاين» بإدارة هذا البرنامج. كما أنشأت جامعة ستانفورد برنامجا مشابها بمبلغ 12 مليون

دولار تبرع بها شخص لم يعلن اسمه. وفي عام 2004 انضمت إلى هذه المعركة جامعة هارفارد بمعهدا الخاص بالخلايا الجذعية. وعلى الرغم من هذه الجهود، يقول «كريكشتاين»: «من الصعوبة بمكان أن يتورط المرء بالعمل في مجال قد تُعتبر الأبحاث التي يريد القيام بها جريمة في المستقبل. (وفي الواقع، أصبحت بعض الولايات مثل أريزونا وبنسلفانيا تعتبر اشتقاق خط جديد من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية بمثابة جريمة)» ويقول «M. كاربنتر» [التي تدير برنامجا بيولوجيا للخلايا الجذعية بسان دييغو] فيما يتعلق بباحث شاب يبدأ العمل في مختبر جديد يركز على الخلايا الجذعية الحنسية، لاشك في أن عمله محفوف بمخاطر هائلة. وإذا ما قررت المعاهد الوطنية للصحة تسريحه، فإلى أين تذهب؟ يا للعار، إنني أعرف عددا من العلماء الجيدين الذين يتحاشون هذا الحقل جملة وتفصيلا، نظرا لما يرخربه من مصامير أخلاقية. وبتيجة لتجميد الموضوع من قبل الحكومة

2002

2004

2002/8

مدت جامعة
كاليفورنيا سان
فرانسيسكو برنامج
بحث بيولوجي
الخلايا الجذعية
ورصدت له خمسة
ملايين دولار



2002/12

أنشأت جامعة
ستانفورد مركزا
لأبحاث الخلايا الجذعية
بمبلغ 12 مليون دولار تبرع
بها شخص لم يعلن
عن اسمه

2004/3

أنشأ «D. ميلتون»
[من جامعة هارفارد]
17 خطا جديدا من
الخلايا الجذعية
الحنسية بيهيات
خاصة

2004/4

افتتحت هارفارد
معهدا الخاص
بالخلايا الجذعية



2004/6

أدخل قانون تعزيز
الخلايا الجذعية إلى
الكونغرس ولكن لم
يعرض قط على
التصويت.

2004/11

أجيز الاقتراح 71 في
كاليفورنيا، وقيل
تأسيس معهد احب
استجديدي خلال عشر
سنوات بتكلفة ثلاثة
ملايين دولار



يقترح حاكم ويسكونسن «J. دويل» تحم
مبلغ 375 مليون دولار خلال عشر سنوات
لإنشاء معهد جديد لأبحاث بيولوجيا
الخلايا الجذعية وغيرها من الأبحاث الطبية كما
«دويل» منح كليات الطب في ولاية كاليفورنيا
مبلغ 75 مليون دولار على مدى خمس سنوات
تصرف على أبحاث الطبية بما في ذلك
الخلايا الجذعية



لقد نجحت الحملة من أجل الاقتراح 71، لكن الحملة لدعم أبحاث الخلايا الجذعية الجذعية البشرية مازالت في بدايتها

الأشخاص المدربين، الذين يحسنون استعمالها بدقة في تجارب مبتكرة لمعرفة كيفية نموها وتمايزها. ويوجد في الولايات المتحدة على الأكثر بضع عشرات من هؤلاء الأشخاص، هذا ما صرح به البيولوجي «كيلر» وهو باحث في الخلايا الجذعية بكلية طب ماونت سيناي في مدينة نيويورك

ويقول «كريكشتاين» إن التنافس على هؤلاء الأشخاص يزداد بسرعة، فإضافة إلى اجتذابهم دولياً، تحاول الآن معاهد كثيرة في كاليفورنيا إقامة أو تقوية برامج قائمة، والجميع ينظرون إلى المرشحين أنفسهم مما يرفع تكاليف اجتذاب خيارهم.

وينتاب «كيلر» قلق من أن «صب المال في حقل لا يمتلك حتى الآن العدد الكافي من المؤهوبين سيصبح هدراً وتبذيراً». ولقد وضع

boprocessing ١

(٧) هو الطب الذي يعتمد على المداواة بالخلايا الحدية عوضاً عن الأدوية التقليدية المستعملة حالياً (التحرير)

المعهد إنفاق 300 مليون دولار في السنة على أبحاث الخلايا الجذعية لمدة عقد من الزمن وهو نمو مفاجئ بالنسبة إلى مجال بازغ ومثير للجدل

لقد أطلق هذا التحرك أحراس الإنذار في مكاتب عمداء الكليات ومشرعي الولايات في أنحاء البلاد. فقد قام حاكما وسكوتسون وبيوجيرسي بحملات سريعة لدعم أبحاث الخلايا الجذعية وتمويلها في جامعاتهما. كما تقدم المشرعون بمشاريع قوانين تسمح بإجراء اختبارات على الخلايا الجذعية الجنينية في الولايات التي تمتلك التقانات البيولوجية العالية مثل ميريلاند وماساتشوستس (انظر الجدول الزمني في الأسفل)

عندما تمت الموافقة على الاقتراح 71، قال «R. الپيرن» [عميد كلية طب جامعة ييل] «أصابنا القلق من احتمال مواجهة صعوبات لاجتذاب قادة من أصحاب المواهب إلى كونكتكت للعمل في برنامجنا الخاص بأبحاث الخلايا الجذعية». وقد تمكن هو وغيره من إقناع حاكم الولاية بدعم مشروع القانون الذي يتغاضى عن الأعمال التي تشمل بعض الخلايا الجذعية الجنينية البشرية، ولتقديم 10 ملايين دولار سنوياً لعلوم الخلايا الجذعية وحتى الآن، وكما صرح «الپيرن»، فإن مشروع القانون لم يواجه أي معارضة منظمة لكن يتحتم أن يصل مرحلة التصويت

إن موضوع الخلايا الجذعية البشرية جديد كلياً لدرجة يتعذر فيها العثور على

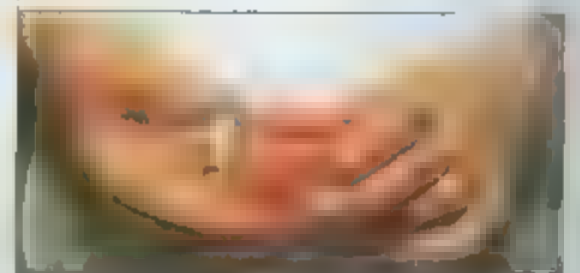
خدرالية بقول «M. راو» [من المعهد الوطني لشيخوخة] «لقد تخلت الولايات المتحدة عن «رعاية في هذا المجال الجديد إلى دول أخرى وعندما نتكلم عن واسمات markers جديدة وأضداد لتحديد هوية خلايا جذعية، فإننا نشير إلى أعمال تمت في إنكلترا. وعندما نتكلم عن التقدم في المعالجة الأحيائية ' ونقوم لإنتاج، فإننا ننظر إلى إسرائيل أو سنغافورا وأنا الآن أريد عما أقوم به لحضور مؤتمرات علمية في الصين بغية الاستماع إلى أعمال لم تنشر بعد». ويقول «راو» إن كثيراً من «بيولوجيين أصيبوا بخيبة أمل» لأن بوسع الولايات المتحدة بسهولة تزعم قيادة هذا النوع من العلم. فقد اكتشفت هذه الخلايا هنا، ولدينا «مصل أسى التحتية لتحليلها، ولكننا لم نتمكن من وضع تصور لسياسة جماعية لها».

هذه - بالضبط - هي المشكلة التي تسعى كاليفورنيا إلى حلها. إن رد فعل هذه الولاية على القيود التي وضعها الرئيس «بوش» هو إنشاء معهداً جديداً للطب التجديدي "Institute for Regenerative Medicine - IRM" الذي أقامه 59% من الناخبين الذين وافقوا على الاقتراح رقم 71 في نهاية الشهر 2004/11. إن اقتراح الولاية، حيث اتفق على أن يدار المعهد من قبل هيئة صغيرة من نحو 40 عالماً [تم التعاقد مع ثلاثة منهم فقط بنهاية الشهر 2005/4]، إضافة إلى بعض الإداريين، ولجنة إشراف قوامها 29 أكاديمياً ورجل أعمال وناشطون طبيون. إن غاية

2005

2005

صرح لعضد من جمع خطوط (و مشروع) خلايا جنينية لبشره لي وافقت عليها به هـ بوليتي صحة صاحب ثلوث دستصحات عربة



أعرج حاكم سنجيرسي R. كودي جمع مبلغ 380 مليون دولار معهد لبحرر الجذعية في لولاية

مدرج عضو مجلس شيوخ لولاية نيويورك د. بوسون إنشاء برنامج لبحرر الجذعية بمبلغ مليون دولار على مدى عشر سنة

2005 2

لح حاكم ماساتشوسس M. رومبي على مشرع لولاية معزوم كل من يسي حصوط حديده للبحث في لبحرر الجذعية النسريره

واعبد قانون دعم لبحرر الجذعية إلى الكونغرس من قبل 186 عضوا من مجلس النواب مع تاسد كبر من مجلس الشيوخ

2005 ١

دسا معهد سنجيرسي لبحرر الجذعية في جامعة كاليفورنيا - لوس انجلوس رفضت المحكمة العليا في كاليفورنيا سنجيرسي معز صان على الشرعية البسريره للمعهد C RM

أعرج برفاد النعفا في بليوي إصدار سندات مليون دولار وعدص صرعه على عمليات التحميل لتوير معهد لبحرر الجذعية لولاية

2005/4

الغى مجلس شيوخ ميريلاند مشروع قانون وافق مجلس النواب عليه لإنشاء برنامج لبحرر الجذعية الجذعية بمبلغ قدره 25 مليون دولار سنوياً بتمويل من الولاية

2005 ١

وقو المجلس اعشرمعي لولاية ماساتشوسس بصوت كافه على مشروع قانون يسمح لبحرر لبحرر الجذعية الجذعية، وبطى معقول عراض مقوقع من قبل حاكم لولاية

2005 ١

د. ساء مركز لبحرر الجذعية الجذعية بمبلغ 150 مليون دولار في بيوجيرسي



مدرج عضو مجلس شيوخ لولاية نيويورك د. بوسون إنشاء برنامج لبحرر الجذعية بمبلغ مليون دولار على مدى عشر سنة

إن هجرة العقول من الولايات المتحدة تدق على كاليفورنيا.

ليؤسسوا محطرات مستقرة فيما وراء البحار
عازا كان هناك استنزاف لأدمغة الأمريكيين الباحثين في موضوع الخلايا
الجدعية. قال الإجراء المتمثل بثلاثة بلايين دولار في كاليفورنيا، يبدو أنه قد
مسار لدخول هناك عدد من العلماء البارزين في حقلنا أجروا مقادلات في
كاليفورنيا للوظائف الجديدة. كما تقول «M. كاربنتر» [وهي رائدة أمريكية
في هذا الميدان، سقبت في خطوة مفاجئة منذ سنتين إلى معهد روبرت
للابحاث في اسراريو بكندا] وتصف «الجامعة كاليفورنيا في اريزون» تحت
الباحثين بطريقة هجومية، وكذلك تعمل ستانفورد. «وقد قررت «كاربنتر» ذاتها
العودة إلى الولايات المتحدة لترأس أبحاث الخلايا الجذعية في CyThere، وهي
شركة مبتدئة في سان دييغو ولم تكن الموافقة على الاقتراح رقم 71 السبب
الوحيد لعودتها. كما تقول، ولكنه كان عاملا مهما في ذلك.

في الواقع، تعري الولاية الذهبية الكثيرين ممن يعملون في هذا الحقل،
بمن فيهم من يعمل في أمكة أخرى بالولايات المتحدة. ويقول «جراو»، «أخذت
الأمور تزداد صعوبة في المعاهد الوطنية للصحة فيما يتعلق بتحديد باحثين
جدد، فضلا عن أننا نحسر الكثيرين (الذين يذهبون إلى كاليفورنيا)، إذ إن
«A. شيو» [التي كانت ترأس برنامجا للأبحاث في الخلايا الجذعية في المعاهد
الوطنية للصحة] غادرت في الشهر 2005/4 لتعمل في المعهد CIRM. كما أن
«ماتى» [مدير الحالي لمعهد الصمم، غيره من اصصومات الاتصالات] قد
بأنه تقدم إلى المعهد CIRM يطلب العمل رئيسا له.

وقد أوضح «جراو» بقوله، «ليس بوسعنا المنافسة عن طريق إغرائهم بالمال،
وكثير من الناس أصبح فريسة الفلق حيال توافر الاعتمادات الفدرالية في
المستقبل فانا نفسي تعرضت للإغراء لألتحق بحوكة كاليفورنيا».

ومع أن الانحذاب نحو العرب هو الأقوى فيما يخص الباحثين الكبار، وعلى
ما يبدو لم يستشر الانحذاب العلماء الشباب أيضا. فقد قال «A. كريكتشاين»
[الذي يترأس برنامجا تدريبيًا على لحلال الجذعية في جامعة كاليفورنيا سان
فرانسيسكو] «لقد عينا مجموعة من الطلبة للسنة القادمة. اعتقد أن الاقتراح 71
جعل بعضهم يفصل هذه الجامعة على معاهد في شرق البلاد».

«تتنافس الولايات المتحدة مع سنغافورا وأستراليا والمملكة المتحدة -
فهناك أيضا موارد ضخمة والقيود أقل بكثير» كما تقول «كاربنتر»، التي
أضافت «من التحاقي بسي تيرا، كنت أعتبر تلك الدول خيارات لي لا ريب
أنها مباراة، وسيكون من دواعي الفضول أن نرى كيف ستنتهي».

«W W G.»

في الشهر 2001/1، أعلن الرئيس «بوش» أن البيولوجيين الذين تمولهم
الحكومة الفدرالية في الولايات المتحدة سيكون عليهم أن يعملوا ضمن قيود
متشدة. وبعد ذلك بفترة قصيرة جمع «R. بيدرسن» حقايقه وشد الرحال نحو
المملكة المتحدة إن «بيدرسن» الذي أكسبته أبحاثه في جامعة كاليفورنيا
بسان فرانسيسكو مكانا في حقله يقرب من القمة، نقل مختبره إلى البيئة
الأكثر حرية في جامعة كمبريدج.

لقد ثبت أن مغادرة الولايات المتحدة شكلت نقلة مهمة جيدة بالنسبة إلى
«بيدرسن»، فقد عينته كمبريدج في عام 2004 رئيسا مشاركًا لمعهد جديد
للخلايا الجذعية، ميزانيته 30 مليونًا من الدولارات ولم يكن «بيدرسن»
ابهاجر الوحيد، كما لاحظ «M. راو» [الذي يدير أبحاث الخلايا الجذعية في
المعهد الوطني للشيخوخة في الولايات المتحدة] فقد أشار «جراو» إلى كثير من
العلماء الذين تركوا مناصب بيولوجية تقابلية مجزية في الولايات المتحدة.



سيسحب ميزانيته من خلالها

لقد علق موضوع السندات بسبب اقام
دعويين قابويين طعننا في شرعية المعهد CRIM
في الشهر 2005/3، رفضت المحكمة العليا في
كاليفورنيا سماع لدعويين ولكنها تركت للمدعين
خيار إقامتهما في محاكم أدنى درجة. وقد أقيمت
إحدى الدعويين أمام محكمة عليا في الشهر
2005/4 من قبل مجموعتي ضغط تدعيان،
المدافعون عن الشعب People's Advocates
ومؤسسة الدفاع القانوني عن الحياة Life
Legal Defence Foundation، حيث أكدتا أن
المعهد الجديد ينتهك إحدى فقرات دستور
الولاية. ويقول أحد موظفي المعهد CIRM إن
اللجنة المالية للولاية قد تقبل بإصدار سندات

Scientists Follow the Money

المبادرة التدريبية ومع أن قسما من الخمسة
عشر مليونا في السنة سيخصص لرواتب
الطلبة، فإن المنح، كما يقول «هول»، يجب ألا
تنفق على برامج الدكتوراه وأنه لا يمكن لاية
كلية الحصول على أكثر من منحة واحدة.

ولكن متى ستبدأ أموال كاليفورنيا بالتدفق
لإنجاز علم حقيقي؟ سؤال لن يتمكن «هول» من
الإجابة عنه في الوقت الحاضر، لأن على
الوكالة أولا أن تبدأ بإزالة كثير من العقبات
المهمة. فبعد ستة أشهر من ولادة المعهد CIRM
طل بدون مكاتب دائمة، وليس له رئيس دائم،
ولا توجد لديه قائمة بأسماء الخبراء الذين
سيقومون بمراجعة الأبحاث المقترحة، كما لم
يحصل على تفويض بإصدار السندات التي

«Z. هول» [الرئيس المؤقت للمعهد CIRM] خطة
لحل هذه المشكلة بتكريس مجموعة المنح الأولى
للمعهد لتدريب المزيد من العلماء وتأسيس
المزيد من المختبرات. (تجدر الإشارة إلى أن
القيود التي تفرضها المعاهد الوطنية للصحة
تمنع العمل على مشاريع خطوط خلايا بشرية
لم تتم الموافقة عليها في أي مختبر تموله
الاعتمادات المالية الفدرالية)

ويقول «هول»: «إن القصد هو تشجيع
المؤسسات على إنشاء برامج تدريبية متعاسكة
لعلوم الخلايا الجذعية» وستتنافس المنظمات
على ثماني عشرة جائزة وموعد الإعلان عنها
في نهاية عام 2005، وستقدم ما يصل إلى
1.25 مليون دولار في السنة، وفقا لحجم

تمويل المعهد قبل حسم الخلاف القانوني.

وحتى قبل فتح صندوق المال، يستطيع العلماء التقدم بطلباتهم للحصول على منح الأبحاث ولكن يجب على المعهد أن يشكل هيئة خبراء في موضوع الخلايا الجذعية من خارج كاليفورنيا، تتألف من 15 عضواً مُحكماً لتقويم مشروعات الأبحاث والحكم عليها، وهذا أمر لا يستهان به وكثير من الباحثين في هذا الموضوع يجري تجبيدهم للعمل في كاليفورنيا (انظر الإطار في الصفحة المقابلة)، بما يخلق بينهم حالة من تعارض المصالح، فضلاً عن أن قليلاً من المؤهلين قد يقبل بذلك ويقول «كيلر»: «لقد طلب إليّ المعهد CIRM المشاركة في هيئات تحكيم مختلفة»، ولكن «كيلر» لم يوافق حتى الآن) «فنحن نقر بمراجعات لحساب المعاهد الوطنية للصحة التي نسحب منها اعتمادات مالية أيضاً وعندما يطلبون إلينا القيام بالعمل نفسه لحساب كاليفورنيا فإنهم لا يسمحون بنا بالمساس بأموالهم... حسناً! إن عدد ساعات النهار محدود».

ومن دواعي السخرية أنه في الوقت الذي يزعم فيه باحثو الولاية بأنهم حققوا نجاحات مالية، فإنهم أعدوا أنفسهم أيضاً لاحتمال فشلهم السياسي، ومن خلال تأكيدهم على اختراقاتهم الطبية (كما فعل «R نيكسون» بالنسبة إلى «الحرب ضد السرطان»)، وليس على معالم تقنية مهمة (كما فعل «A كولنز» في مشروع الجينوم البشري)، فإن حملة الاقتراح 71 وضعت رهانا ضخماً على نتيجة غير مصمونة.

ويقول «P. كيج» [عالم الأعصاب في معهد سولك Salk] «نظراً لأن العلم يوضع الآن تحت مجهره الذاتي، فإننا سنكون عرضة للمحاسبة إن لم نتوصل إلى اكتشافات مهمة ومن الواضح أن هناك توقعاً بأن نحقق للولاية منافع مالية وعلاجية قبل نهاية هذا العقد».

وفي مجال المخاطرة أيضاً، هنالك سوابق ذات أهمية على الصعيد الوطني، ذلك أن مبادرة كاليفورنيا تبدو وكأنها حفزت على دعم قانون تعزيز أبحاث الخلايا الجذعية the Stem Cell Research Enhancement Act، وهو مشروع قانون وُثِدَ في الكونغرس الأمريكي في عام 2004، ولكنه بُعِثَ في الشهر 2/2005، وقد وعد الرعماء الجمهوريون بعرض مشروع

يحذر البيولوجي «إ. ويسمان» من تكلفة القيود اللاعقلانية

تتقدم الولايات المتحدة دول العالم في الاكتشافات الطبية الحيوية والتقنيات والمعالجات على جميع المقاييس فقد ولدت في أمريكا تقانات الدنا DNA المنشوب للمعالجة الجينية، وأنشأت أعداداً وافرة من الأدوية وأدوات التشخيص بواسطة كسوة تحارية جديدة، هي البعثة الحيوية السريعة

وفي مرحلة حرجية من التاريخ الأمريكي كادت الحكومات

المحلية والوطنية أن تحظر تقانة الدنا المنشوب ولكن عوضاً عن ذلك، قضت التشريعات الجديدة بأن تتقدم الهيئات الأكاديمية والتجارية البحثية بخططها إلى اللجان الاستشارية الوطنية والمحلية للموافقة عليها، وبذلك ازدهر البحث العلمي إن هذا النوع من التنظيم الذي يحافظ على جوهر البحث الحر من أقل تدخل بيروقراطي، والذي أدى إلى حماية العلماء والمجتمع بشكل ملحوظ، يمكن تسميته الطريقة الأمريكية وتتقدم الأبحاث الرائدة إلى الأمام في الوقت الذي يراقبها المجتمع باستمرار ويتلقى فوائدها ويتوجهها إلى اكتشافات في حقل العناية بالمريض

ويشهد التاريخ على حماقة التحولات الحائرة فقد كان «T لايسنكو» خارج سرب السيويوجيين عندما أقنع «D. ستالين» خلال أعوام العشرينات من القرن الماضي بأن الداروينية القائلة بالانحدار الطبيعي هي نظرية خاطئة، ونتيجة لذلك، لم يعد للوراثيات الداروينية مكان في روسيا لعدة عقود، ببسب ازدهرت الزراعة والطب الأمريكيين إلى حد كبير، وبمساعدة المهاجرين من علماء الوراثة الروس بحاصة أما الطريقة الروسية في ذلك الزمن فكانت تؤمن بأن الأيديولوجية مقدمة على العلم، مما أدى إلى ضياع العلم الصحيح لأجيال كثيرة

ويلازم شعب الليسنكووية النقاش في أمريكا حول الخلايا الجذعية، ذلك أنه لما كان عزل تلك الخلايا من الجنين يضع حداً لإمكانية زرعها في الرحم، فإن الذين يعتقدون أن أي كيان بيولوجي ينشأ معد الإخصاب هو كيان بشري، يرون العمل على الخلايا الجذعية أمراً لا أخلاقياً هذه النظرة تشكل أساس مشاريع القوانين المقدمة من قبل عضو مجلس الشيوخ «S براونباك» [من كنساس] ومن قبل عضو مجلس النواب «D. ولدون» [ممثل فلوريدا] اللذين يجزمان هذه الممارسة

وكجزء من السياسة الحالية للإدارة التي تسمح فقط باستعمال خطوط الخلايا الجذعية الممولة من قبل الحكومة الفدرالية قبل الشهر 8/2001، فإن الرئيس «بوش» جعل المنع يشمل إنتاج الخلايا الجذعية المتعددة الإمكانات pluripotent المشتقة بواسطة العقل السوي الذي يسميه البعض الاستنساخ العلاجي إن مشاريع القوانين المقدمة من قبل «ولدون» و«براونباك» التي تجرم هذه الممارسات، تجعل هذه الأبحاث مقتصرة على العلم خارج الولايات المتحدة وهكذا فقد قلصت الأيديولوجية بشكل صارم بناءً ثقافة لابد منها لتسريع التقدم في مجال البيولوجيا التطورية البشرية، وتفهم أسباب الأمراض البشرية، وتطوير إمكانات مداواتها (إن مشاريع قوانين «ولدون» و«براونباك» ليست قوانين، لأن تحالفاً بين الحزبين في مجلس الشيوخ حال دون مرورها)

ترى من هو الخاسر من هذا الحظر الفدرالي؟ ليست فقط أبحاث علم الحياة، وليس فقط العلماء الشباب الذين يتمنون قضاء حياتهم في توسيع حدود المعرفة العلمية والمداواة، ولكن قبل هذا وذاك، الخاسرون هم عشرات الآلاف من المرضى الذين كان من الممكن مساعدتهم فإنهما أسما على الصعيد الأخلاقي إنقاذ العالم من «الاستنساخ العلاجي»، أم إنقاذ حياة المرضى

ولحسن الحظ، وانسحاباً مع حقوقها الدستورية، أقرت كاليفورنيا عام 2002 مشاريع قوانين تشجع أبحاث الخلايا الجذعية الحينية والاستنساخ العلاجي وتنظمها وفي الشهر 11/2004 أقرت الولاية بأغلبية 59 ضد 41 صوتاً مبادرة بمبلغ 3 بلايين دولار، تنفقها على هذه الأبحاث خلال عشر سنوات أو أكثر لقد أخذت كاليفورنيا على عاتقها مهمة تمويل الأبحاث الأساسية بشكل خاص في هذا المجال ومن ثم، فإن الحدود الزمنية للمداواة هي أساساً ما يجب توقعه إذا كانت المعاهد الوطنية للصحة قد أخذت على عاتقها مهمة تمويل هذه الأبحاث

إنني لا أشاطر الكثيرين رأيهم بأن تمويل العلم من قبل حكومة الولاية عوضاً عن الحكومة الفدرالية يمثل مشكلة جدية وأمل أن يكون هذا التدخل الحالي الديني والأيديولوجي في موضوع البحث الفدرالي يشكل زيفاً عابراً، بيد أن الدروس المستفادة من تجربة «لايسنكو» تعلمنا أن هذا الوضع ربما يدوم مدة طويلة ■

المؤلف

Irving Weissman

هو أستاذ علم الأمراض والبيولوجيا التطورية في جامعة ستانفورد، ومدير المعهد الجامعي للسرطان وبيولوجية الخلايا الجذعية وطبها كما أنه المؤسس المشارك للشركتين Celierant, Inc. و Stem Cells, Inc. وكلتاهما في بالو ألتو بكاليفورنيا

The Ghost of Lysenko (١٠)

ترايد معاناة صناعة جديدة

الشركة ES Cell International

شركة طموحة في سنغافورا تحقق «موجودية مميزة».

هذا، وتعمل الشركة ESI على نحو وثيق مع ما يقوم به الباحثون في جامعة موناخ الاستراتيجية وجامعة هاداسا الإسرائيلية والجامعة الوطنية في سنغافورا وجامعة أوترخت الهولندية وتمتلك الجامعات الثلاث الأولى 18 في المئة من أسهم الشركة وستكون الشركة ESI صاحبة الحق الوحيدة في العالم لامتلاك أي من براءات الاختراعات التي ستنتج من أبحاثهم وتطمح الشركة ESI للحصول على موافقة إدارة أبحاث الدواء الأمريكية بدء عام 2010 على منتجات مشتقة من الخلايا الجذعية يمكن بواسطتها مكافحة الداء السكري وأمراض القلب.

وصرح «كولمان» قائلا «لنا وجود مميز» مشيراً إلى الدعم المادي الذي تقدمه حكومة سنغافورا التي تمتلك 44 في المئة من أسهم الشركة ESI ومع ذلك يتناوب «كولمان» قلق يجعله يتساءل فيما إذا كان هذا الدعم سيستمر إلى أن تتمكن الشركة ESI من جني المكاسب التجارية لقاء أبحاثها ويقول «كولمان» «ويظهر أن سنغافورا تحول تمويلها للبيولوجيا الطبية في الشركات الحديثة من الأبحاث تمسنة نحو الأبحاث الأساسية».

ومع أن الشركة ESI جمعت مبلغ 24 مليون دولار في صورة أسهم استثمارية وقروض منذ عام 2000، إلا أن مصروفها السنوي «يحرق» ما مقداره 3.6 مليون، فالأمر بالنسبة إلى هذه الشركة هو سباق مع الزمن.

د. بيرتوز

برزت الشركة ES Cell International (ESI اختصاراً) ومقرها سنغافورا، كأحد أوائل المشروعات التجارية في العالم التي تركز على تطوير خلايا جذعية لأهداف علاجية. لقد تأسست الشركة ESI عام 2000، وسعت إلى اجتذاب الأبحاث الريادية لـ «A. يونكسو» وغيره من الباحثين [في جامعة سنغافورا الوطنية] المتعلقة بتنمية خطوط خلايا جذعية من أجنة بشرية وكجزء من سعي سنغافورا لتصبح مركزاً عالمياً للبحث الطبي، وافق مجلس التنمية الاقتصادية الحكومي على تمويل الشركة ESI، وذلك بالتعاون مع بعض أغنياء المستثمرين الاستراتيجيين.

وقد حصلت الشركة عام 2001 على دعم عندما صارت الشركة ESI واحدة من بين المجموعات العشر التي اختارتها المعاهد الوطنية للصحة في الولايات المتحدة كشركة لديها خلايا جذعية موهلة للحصول على تمويل فدرالي بموجب خطة إدارة «بوش» المتعلقة بالخلايا الجذعية ولكن خطة المشروع التجاري الأصلي للشركة ESI لإنتاج خطوط خلايا جذعية حسبية بشرية وبيعها، وعدت بتحقيق أرباح في «حدودها الدنيا» فقط بحيث لا تتجاوز 300 000 دولار (160 000 جنيه إسترليني) في السنة، كما قال «A. كولمان» [الرئيس التنفيذي للشركة].

لقد اكتسب «كولمان» شهرة كونه رئيساً لفريق البحث الذي استنسخ النعجة دولي Dolly في اسكتلندا، وقد انضم إلى الشركة ESI عام 2002 كخبيراً لعلمائها، وذلك بهدف تحويل الخلايا الجذعية إلى أنماط خلوية أخرى لداواة مجموعة من الأمراض ويمثل أحد المشاريع المقترحة بمحاولة جعل الخلايا الجذعية تتمايز إلى «جزء» من الخلايا تنتج أنسولين، يمكن اغتراسها لدى مرضى الداء السكري.

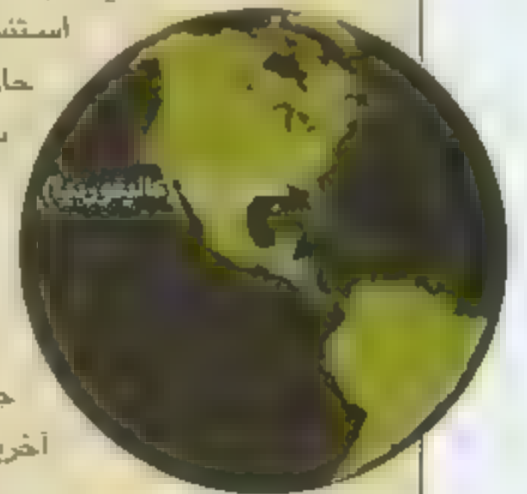
الشركة Geron

إن الشركة التي كانت في السابق عظمة القوة والنفوذ في مجال براءات الاختراع، تعمل الآن على إنتاج معالجات جديدة.

وما تزال الشركة اليوم تعمل بخسارة - إذ خسرت مبلغ 97 مليون دولار (6.2 مليون جنيه إسترليني) خلال الأشهر الثلاثة الأولى من عام 2005. وتُخبر الخوف من سيطرتها على سوق الخلايا الجذعية. ومع ذلك ما تزال الشركة حيرون قوة مهمة في ميدان البحث العلمي، ومن المتوقع أن تكون أحد المستفيدين الرئيسيين من تمويل كاليفورنيا لأبحاث الخلايا الجذعية عندما تأسست الشركة جيرون عام 1992. كانت إحدى الشركات العامة الأولى التي درست الخلايا الجذعية الجنينية وفي أواخر التسعينات من القرن العشرين، تحول اهتمامها إلى التيلوميراز. مركب تعرفته المجموعة من خلال دراستها للخلايا الجذعية مفتاحاً لسيرويه الكبر. ومن المعروف أن مستويات مركب التيلوميراز في الخلية تتدنى مع تقدم الإنسان بالعمر ويأمل علماء الشركة جيرون أن يتمكنوا من مكافحة أمراض (كالإيدز والسرطان) عن طريق رفع معدلات مركب التيلوميراز في الجسم. وفي الشهر 2005/3، أسست الشركة جيرون الشركة TA Therapeutics، وهو مشروع تجاري أبرمته مع أحد معاهد البحث العلمي في جامعة هونغ كونغ لتحري تطبيقات مركب التيلوميراز.

كانت الشركة جيرون، وقاعدتها كاليفورنيا، مرهوبة الجانب نظراً لقوتها في حقل البراءات ولامتلكها - حصراً - حقوق العديد من الخلايا الجذعية الخمسة، التي تم تطويرها في جامعة وسكوسين، فقد اعتقد الكثير من التقانات البيولوجية المناقصة أن الشركة قد تقيم احتكاراً للخلايا الجذعية. ففي عام 1999، اشترت الشركة جيرون حقوق تقانة استنساخ النعجة دولي في اسكتلندا، وهي تقانة حازت براءة الحماية من قبل الحكومة البريطانية بعد ذلك بسنة واحدة.

إن الخلاف الذي دار حول امتلاك الشركة جيرون لكثير من براءات الاختراع هذا عام 2002 فقط، عندما توصلت الشركة وجامعة وسكوسين إلى اتفاقية تحد من حقوق الشركة جيرون في تلك البراءات، وتعد بالسماح لعلماء آخرين بالنحول إلى خطوط الخلية الجذعية.



الجدعية الحبيبية المشرية من دون مساعدة «الخلايا المعدية» leader cells وقد استعملت مُطعمات feeders مخوذة من الفئران، لإتمام المجموعات الأولى من الخلايا الجذعية وإكثارها ونشرت الشركة جيرون في موقعها على الانترنت بحثاً عن طريقة إتمام الخلايا الجذعية الجنينية الأنطف، وذلك في الشهر 2002/9 ولكن كثيراً من الباحثين شكك في نجاعة هذه الطريقة إلى أن نشر بحثها في مجلة «سليم سلز» (الخلايا الجذعية) عام 2005، ■
<V. كريفث>

وقد تجدد اهتمام الشركة جيرون باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية بذاتها للمعالجة. وتتابع الشركة أبحاثها في عدد كبير من الحقول المرضية، منها داء باركنسون وأمراض القلب والداء السكري والتهاب المفاصل وأمراض الدم وهشاشة العظام وزرع الأعضاء. وعلى الرغم من عدم إجراء أي اختبارات على الإنسان حتى الآن، تقول الشركة جيرون أنها في سبيل مباشرة اختبارات سريرية على أنبات المخاع الشوكي في الشهر 2005/3، نشرت الشركة بحثاً تشرح فيه كيفية تنمية الخلايا

كانت في أحد الأيام مجرد «شركة افتراضية»، فكبرت خلال عقد من الزمن لتصبح عالمياً أقوى شركة في مجال الخلايا الجذعية.

هذا، ويعمل في الشركة SCS مباشرة أربعون موظفاً، نصفهم في اليابان، والنصف الباقي مورعون بين اسكتلندا وأستراليا. ومنذ تأسيسها، تمكنت الشركة من جمع خمسة ملايين جنيه إسترليني من مستثمرين، وخمسة ملايين جنيه إسترليني أخرى عن طريق تعاون بحثي وإجارات لصفقات تجارية مع شركات صيدلانية، منها فايزر Pfizer وكلاكسو سميت كلاين GlaxoSmithKline وافيانتس Aventis؛ على أن التداوي بالخلايا الجذعية يكمن في مستقبل أبعد، مع جعل داء باركنسون أحد الأهداف الممكنة

وبينما لا يمتلك «هامونفورد» إلا الإطار على ما لقيته شركته من اعتراف الجهات العلمية بها وتشجيع الهيئات الحكومية لها (ومن بينها المشاة إنتربرايز الاسكتلندية ووزارة التجارة والصناعة البريطانية)، فهو ينتقد المجتمع البريطاني الراسمالي لإحفاقه في إدراك قيمة الشركة SCS على الأمد البعيد

وسوف تركز الدورة التالية للتمويل على المستثمرين الأمريكيين بهدف إنشاء فرع أمريكي، مع احتمال ظهور الشركة على لائحة «السوق

البديلة للاستثمارات في لندن» London's Alternative

Investments Market على أن مكان مركز التنمية الأمريكي لم يقرر

حتى الآن ويقول «هامونفورد» إن الهدف المعيد هو وضعه على لائحة نازداك في مدينة نيويورك، مع أنه يريد إبقاء المركز الرئيسي للشركة في اسكتلندا. ■

< > كوكسون

لا بد أن تكون شركة ستم سل ساينسز (علوم الخلايا الجذعية) (SCS)، أكثر الشركات انتشاراً في العالم في مجال الخلايا الجذعية فلدَى هذه الشركة مراكز أبحاث وتنمية في المملكة المتحدة واليابان وأستراليا، وتخطط هذا العام (2005) لتأسيس أعمال لها في الولايات المتحدة وتعتمد خطة أعمالها الجريئة على أساس الاتجار بالخلايا الجذعية الجنينية البشرية، أولاً يقصد بيع منتجاتها كأدوات لأبحاث الصناعة الصيدلانية، ومن ثم لتطوير معالجات معتمدة على أسس خلوية

لقد أسس ، هامونفورد» الشركة SCS في وطنه أستراليا «كشركة افتراضية» عام 1994، وذلك بعد عوبته بمدة قصيرة من فترة عمل منتج في اسكتلندا مع <A>، سميث» رائد الخلايا الجذعية في أدنبره وفي عام 2000، أصبح مشروعه شركة حقيقية في ميلبورن، لديها موظفون وباحثون، وفي السنة التالية أسس «هامونفورد» فرعاً يابانياً هو SCS KK في كوبه Kobe، تعاون مع باحثي الخلايا الجذعية في مركز ريكن Riken للبيولوجيا التطورية

وفي عام 2003، عاد «هامونفورد» إلى اسكتلندا، وقام بتأسيس المركز الرئيسي للشركة SCS في أدنبره» أما <M>، «كستر» [وهو بيولوجي في مجال الخلايا الجذعية] والذي أنهى للتو خمس سنوات مديراً لمؤسسة ويلكوم ترست Wellcome Trust، فقد أصبح رئيساً للشركة SCS وقد اجتذبت اسكتلندا «هامونفورد» بعد أن برزت كمركز متميز لأبحاث الخلايا الجذعية وأكثر من ذلك كله اجتذبه إمكان العمل مرة أخرى مع سميث، الذي كان مدير حينئذ معهد أبحاث الخلايا الجذعية في جامعة أدنبره

علمياً - فقد يصبح نموذجاً جديداً لتمويل تلك الأنواع من الأبحاث التي تغيب الأكثرية في بعض أنحاء أمريكا، ولكنها تسحر أكثر الناس في مناطق أخرى من العالم. وربما لا يكون هذا هو الطريق الأكثر كفاءة للعمل العلمي، ولكنه قد يثبت أنه الأكثر نفعاً. ■
<W.W. كيبس>

لتنافس المبادرات الخاصة وتلك التابعة للولاية على قدم المساواة. وربما يصبح القانون أيضاً بمثابة هبة للمعهد CIRM، لأنه سيسمح للوكالة بإنفاق أقل على البناء والمعدات، وبإنفاق أكثر على العلم نفسه وفي النهاية، إذا ما نجح رهان كاليفورنيا - سواء سياسياً أو اقتصادياً أو

القانون للتصويت في صيف عام 2005، فإذا ما تمت الموافقة عليه ونجا من رفض رئاسي منتظر، فإن هذا القانون سيلغي لقيود التي فرضت في الشهر 2001/8 والخاصة بالاعتمادات المالية الفدرالية المخصصة لأبحاث الخلايا الجذعية، وسيعطي الحرية للمعاهد الوطنية للصحة

الشركة Advanced Cell Technology Holdings

تستمر هذه الشركة البالغة الصغر التي استتارت معركة سياسية حول الاستنساخ العلاجي البشري، تستمر في تسجيل حضور يفوق وزنها.

تكاليف باهظة لإصدار أوراق مالية من البداية.

لقد أصبح للمجموعة رئيس تنفيذي جديد هو «W» كالدويل IV. أما الرئيس السابق «M» ويست - الذي أسس الشركة جيرون في عام 1998 ثم غادرها - فقد أصبح رئيساً لمجلس إدارة الشركة ACTH. وعندما تم الاندماج، تلقت الشركة أيضاً من الأموال التي كانت بحاجة ماسة إليها: 8 ملايين دولار من راسمالين مضارين ومستثمرين مستقلين. وتأمل الشركة أن يساعدها وضعها الجديد على جمع مبالغ أكبر من المال.

وبينما تقول الشركة ACTH إنها ستبقى في ماساتشوستس، فإنها تخطط لإقامة فرع لإجراء الأبحاث في كاليفورنيا بغية الاستفادة من البرنامج الذي تمت للتو الموافقة عليه لتمويل أبحاث الخلايا الجذعية بثلاثة بلايين دولار.

لقد تأسست الشركة ACTH عام 1994

بهدف استنساخ مواش وحيوانات محصورة

جينية تصنع أنوية بشرية في لبنها ومع أن

الشركة لا تزال تعمل على استنساخ الحيوانات،

فقد تحول التركيز تحت قيادة «ويست» إلى أبحاث

الخلايا الجذعية الجنينية البشرية. وتقول الشركة إنها لن تتابع الاستنساخ

بغرض التوالد، وإن اهتمامها سينصب على استعمال التقنيات من أجل الطب

التجديدي regenerative medicine فقط.

«V. كريغش»

لطالما حظيت الشركة Advanced Cell Technology Holdings (ACTH) انتباه يفوق حجمها. إن هذه الشركة البالغة الصغر التي تعمل في مجال التقنية الحيوية توظف 24 موظفاً فقط، محشورين في مكاتب ضيقة في وروستر بولاية ماساتشوستس.

واكتسبت هذه المجموعة سمعة سيئة لعملها المتعلق بالاستنساخ العلاجي البشري. ففي عام 2001 أعلنت الشركة ACTH، كما كانت تسمى وقتذاك، عن استنساخها لجنين بشري عاش مدة قصيرة، مستثيرة معركة سياسية في الكونغرس حول هذا النوع من الممارسة. وفي الشهر 3 أعلنت المجلة العلمية البريطانية «لانست» أن الشركة استنبتت خلايا جذعية جنينية بشرية من دون استعمال خلايا «مطعمة» feeder cells، في الوقت نفسه تقريباً الذي نشرت فيه الشركة المنافسة لها مبحثاً مماثلاً. إن هذا الاختراق مهم، لأن تعريض الخلايا الجذعية لخلايا مطعمة قارية أو بشرية يلوثها وقد يجعلها غير ملائمة للمداواة الطبية.

وعلى الرغم من الجدل والإثارة المحيطين بعملها العلمي، فإن الشركة ACTH كانت تعمل باستمرار برأس مال ضئيل. وقد اشكت هيتها التنفيذية علناً من ضيق ذات اليد، قائلة إنها غالباً ما تجد صعوبة في دفع رواتب موظفيها القلائل.

ولكن باسم وبنية إدارية جديدين، ويخطط حديثة للتوسع نحو كاليفورنيا، تطلع المجموعة لحياة مشتركة متجددة. ففي الشهر 2/2005، أعلنت الشركة عن اندماجها المعكوس، تحت غطاء مجموعة تجارية علني، هي الشركة Two Moons Kachinas، التي تأسست عام 2000 في يوتا لبيع دمي تمثل الأمريكيين الأصليين. وقد نسي الناس الدمي التي كان يجمعها الهواة، ولكن الصفقة مكنت الشركة ACTH من تحاشي

قادة الشركات العاملة في مجال الخلايا الجذعية



يحاول «A. كولمان» [الرئيس التنفيذي للشركة ESI] تحريض الخلايا الجذعية كي تنتج «جزراً» من الخلايا المؤدة للانسولين. ويعرف «كولمان» بأنه أكاديمي ضليع بمهنته التي تتضمن البحث العلمي إضافة إلى مهمات تدريسية في جامعتي أكسفورد وواريك، كما أنه يشغل منصب أستاذ الكيمياء الحيوية في جامعة برمنكهام.

إي اس إنترناشيونال (ES)
www.esinternational.com



يخطط «T. أوكاراما» [الرئيس التنفيذي للشركة جيرون] لقيادة شركته في القريب العاجل في إجراء تجارب سريرية على الخلايا الجذعية لمعالجة حالات إصابات النخاع الشوكي. حصل «أوكاراما» على الدكتوراه في الطب والدكتوراه في الفلسفة من جامعة ستانفورد.

جيرون
www.geron.com



حول «M. ويست» [رئيس مجلس الإدارة] تركيز الشركة نحو أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية. حصل «ويست» على درجة الماجستير في البيولوجيا من جامعة أندروز عام 1982، وعلى الدكتوراه من كلية طب جامعة بايلور عام 1989. وقد تنازل «ويست» مؤخراً عن منصب الرئاسة التنفيذية إلى «W. M. كالدويل IV».

ACT هولدينجز
www.advancedcell.com



يرعى «P. ماونتفورد» خطة تجارية لتسويق الخلايا الجذعية الجنينية، أولاً كدواء للبحث العلمي، وبعدها كطريقة للمداواة أساسها هذه الخلايا. حصل «ماونتفورد» على الدكتوراه من جامعة ميلبورن، وكان زميل Endeavor الجمعية الملكية (لندن) في جامعة أدنبره، وهو مخترع لتقانات تم تبنيها على نطاق واسع في أبحاث الخلايا الجذعية.

ستيم سل ساينسز
www.stemcellsciencesltd.com

(التحرير) ACT Holdings (*) شركة تهتم بتطبيق تقنيات الخلايا الجذعية.

خلية عصبية على المستثمرين

إن المضاربين VCs يدركون تماما الإمكانيات الكبيرة للخلايا الجذعية، ومع ذلك فإن أسبابا كثيرة تجعلهم يترددون في الاستثمار في هذا المجال.

اسكتلندا في هذا المجال، فإن الشركة SEP لم تبدأ بعد بتمويل أي من شركات الخلايا الجذعية. ويعترض «كير» بأن الأمر لا يتعلق فقط بأن العلم لا يزال في مراحله التمهيدية، بل إن خطط المشروعات التجارية بحد ذاتها تشتمل على مخاطر كبيرة.

«تتطلب الأعمال التجارية مزيدا من الحنكة في كيفية التحكم في المخاطر»، كما يقول «كير». فالخلايا الجذعية لم تتطور بعد لتصبح برنامجا. وكثير من الشركات يركز على دواء واحد لمرض معين. «إنك لا تدعم شركة علمية تقليدية، تمتلك منتجا واحدا فقط»، كما يقول «كير».

وإضافة إلى ذلك، يعتقد «كير» بأن عائقا إضافيا برز في أوروبا، حيث تعطل محرك التمويل. فبعد الازدهار والإخفاق اللذين حققتهما الجينوميات، استمرت الأسواق العامة في تجنب التقانات الحيوية، وأجبرت المضاربين VCs على تمويل الشركات لمدة أطول. ويقول «كير»: «من المستحيل تقريبا أن تربح في أوروبا من الجولة الاستثمارية الأولى في أي نوع من أنواع التقانة الحيوية».

ويختلف الوضع في أوروبا عن أستراليا، حيث إن عددا من شركات الخلايا الجذعية أصبحت تظهر على قائمة سوق الأسهم المالية. ولكن «A. كوتس» [مدير بنك الاستثمار eG Capital في سيدني] يقول إن هذا الاتجاه يميل إلى أن يكون مرحلة مبكرة. ويضيف قائلا: «أعتقد أن أستراليا فريدة في هذا المضمار. فبينما تكثر الانتقادات الموجهة إلى سوق الأسهم الأسترالية، الذي يدع الشركات تظهر على قائمته في وقت «أبكر مما يجب» - وفي مناسبات كثيرة، حيث لم يسبقها أي تجارب سريرية على أي منتج - فلقد كانت هذه هي الآلية الأولى لتمويل كثير من العلوم المهمة التي نتجها هنا والتي أخذت باجتماع شركات عالمية».

فقد تحظى الشركات الناشئة في مجال الخلايا الجذعية بأذان صاغية من قبل الشركة Bio* One Capital، الذراع الاستثمارية لمجلس

D. بولارد-نايت» رئيس شركة مشروعات نومورا - المرحلة الرابعة Nomura Phase 4 Ventures، وهي الذراع الاستثمارية لبنك نومورا إنترناشيونال plc، الذي كان أحد الداعمين الرئيسيين لرأس المال المخاطر في الشركة ViaCell. ويضيف: «ما عليك إلا أن تنظر إلى الأعداد. لقد استثمر المضاربون (VCs) 300 مليون دولار حتى الآن في شركات الخلايا الجذعية ككل، مقابل 20 بليون في برامج التقانات الأخرى».

فمن نواح عديدة، يعود ذلك إلى الطبيعة التمهيدية للعلم. ويقول «S.G. بوريل» [الرئيس التنفيذي لبوريل وشركاه في سان فرانسيسكو (بنك تجاري يختص بعلوم الحياة)] إن تمويل المضاربين VCs لشركة للخلايا الجذعية يعني حاليا أنه تمويل لأبحاث أساسية تقوم بها عادة مختبرات أكاديمية. ويضيف قائلا: «لقد بدأنا نرى بعض خطط مشروعات تجارية لشركات الخلايا الجذعية، ولكننا ما نزال في نهايتها العلمية».

إن هذا النقص في الأبحاث الأساسية يخلق مخاطر أساسية، لأنه لا يتضح حتى الآن إلى أين يمكن أن تعود الملكية الفكرية. يقول «P. ماكويين» [رئيس المشروعات التجارية المخاطرة في BTG plc بلندن]: «في النموذج المعاصر، عندما تجري مسحا للبحث عن مستقبل ما، وتعثّر على ما تبحث عنه، فإن ذلك يعد ملكية فكرية مبتكرة. ولكن عندما تحرض الخلايا الجذعية على التمايز، فلا يمكنك التنبؤ بهوية صاحب الملكية الفكرية التي قد تصادفه».

يطلع «B. كير» [مدير الشركة Scottish Equity Partners (SEP) في كلاسكو] على جميع الفرص المتاحة في علوم الحياة والموجودة في اسكتلندا، ويتفحص مئات المشاريع التجارية كل سنة. وعلى الرغم من السمعة العلمية المتميزة التي تتمتع بها

ليست أبحاث الخلايا الجذعية المجال الأكثر تسييسا في تاريخ العلم فقط، ولكنها أيضا من أكثرها تعقيدا وتثبيطا للهمم. فمع أن الخلايا الجذعية الإمكانيات لتوفير المعالجة لعدد كبير من الأمراض، فقد ثبت أن من الصعوبة بكان اجتذاب الاستثمارات اللازمة لتطويرها. فكثير من المضاربين (VCs) Venture Capitalists يقارنونها بالأضداد الوحيدة النسيلة، التي استغرقت ترجمتها من أبحاث أساسية إلى منتجات تسويقية عشرين عاما. وكما لاحظ «A. كيبيل» [الشريك في الشركة SV لعلوم الحياة في سان فرانسيسكو] قائلا «مع أن الأمل بنجاح الأضداد الوحيدة النسيلة كان واضحا، فإن المضاربين الذين استثمروا في مرحلة مبكرة من هذه الأبحاث، خسروا جميع ما يملكون».

هذا لا يعني أن شركات الخلايا الجذعية عديمة الجاذبية كليا. ففي أول طرح للاكتتاب في أسهم شركة للتقانة الحيوية عام 2005، جمعت الشركة Via Cell, Inc. المختصة بخلايا الحبل السري الجذعية 52.5 مليون دولار.

وفي الوقت الذي تم فيه تداول أسهم الشركة في البورصة، كانت إيراداتها السنوية قد حققت 36.8 مليون دولار، جاءت من ربع حقد دم الحبل السري في بنك الدم، إضافة إلى ربع خلايا الحبل السري الجذعية في العيادات، واحتمال تأسيسها شراكات مع الغير. ولكن هناك قليلا من الفرص المشابهة، حيث يقل تدفق الإيرادات القوي من المخاطر الكامنة في علم الخلايا الجذعية.

«تعد الشركة فيا سل (VC) مثالا على كيفية شعور كثير من المضاربين (VCs) بمخاطر الاستثمارات في الخلايا الجذعية»، هذا ما قاله

لقد بدأنا نرى بعض الخطط لأعمال تجارية لشركات الخلايا الجذعية، لكننا ما زلنا في المرحلة العلمية من تلك الخطط.



Though Cell to Investors (١)

(١) شركة يقتصر اهتمامها على المرحلة السريرية للتقانة الحيوية، التي تمكنها من تطبيق الخلايا البشرية كدواء. وهي تقود أبحاث خلايا دم الحبل السري، ولا تزال في المرحلة الأولى من تجاربها السريرية. وقد أشاعت بأن دراستها ما قبل السريرية دلت على أن الخلايا الجذعية لدم الحبل السري تحسن أداء العضلة القلبية. (التحرير)

«وما عليك إلا أن تنظر إلى الأرقام. لقد استثمر المضاربون VCs نحو 300 مليون دولار حتى الآن في أبحاث الخلايا الجذعية مقابل استثمارهم عشرين بليوناً في المجالات التقنية الأخرى.»
<D. بولارد - نايت>

بالمواد الطبية ما يحيط بها من غموض نظراً لتعذر إيجاد نظام موافقة موحد لبيع علاجات الخلايا الجذعية في جميع أرجاء الولايات المتحدة، أو فيما إذا كانت الولايات التي حظرت أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية، ستحظر أيضاً بيع المنتجات المشتقة منها.

وليست الحال في أوروبا بأفضل من ذلك، إذ يسود هناك خليط من الأنظمة المختلفة، التي يعمل معظمها ضد أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية.

وتقول «بريسكوت» [المديرة العلمية للمؤسسة ABV¹ في كمبريدج/ المملكة المتحدة] «إن أهم ما في القضية الآن هي الناحية التنظيمية، ففي أوروبا تطبق القوانين الوطنية، أما في الولايات المتحدة فلكل ولاية موقف يختلف عن الأخرى، ولذا، فهناك سوق مجزأة، إن أكثرية شركات التقنية الحيوية تعتمد على إبرام اتفاقات مع الشركات الصيدلانية الكبرى، وذلك لتجعل منتجاتها تمر من المرحلة الأخيرة للاختبارات السريرية، ومنها إلى السوق.

وتقول «بريسكوت»: «إن السوق المجزأة تجعل الخلايا الجذعية طرازاً صعباً جداً للعملية التجارية، وذلك فيما يتعلق بالصناعة الصيدلانية الكبرى، فإذا لم تستطع التقنية الحيوية الحصول على شركاء، فكيف تعمل كي تنهض.»

ومما لا شك فيه أن المضاربين VCs يتخوفون من الناحية الأخلاقية وما يتبعها من الأنظمة المحيطة بالخلايا الجذعية، إن الكثير من الشركات الكبرى في أمريكا الشمالية وأوروبا لم ترغب بإجراء مقابلات لكتابة هذه المقالة، في حين كان بعضها الآخر على استعداد لمناقشة التحدي العلمي في مجال الخلايا الجذعية ولكن ليس كل ما يتعلق بهذا الموضوع.

هذا، وسيغير «الاقتراح 71» المواقف، كما يعتقد «بوريل» [من شركة بوريل]. ويضيف قائلاً: «إن علم الخلايا الجذعية في الوقت الحاضر ملطخ بشوائب عديدة، وسيضيف «الاقتراح 71» الشرعية على كثير من الأبحاث في الولايات المتحدة، تلك الأبحاث التي تبدو غير قابلة للاستثمار في ظل التوجيهات الفدرالية الحالية.

<N. موران>

مراسلة المجلة Bio World في بريطانيا

(1) شركة تصنع منظومات وأجهزة تساعد على مراقبة الجودة في الصناعة الدوائية، كما تهتم بوضع قواعد لوسائل الأمان.

Avlar Bio Ventures (Y)

من جراء حدوث مشكلات وراثية سببها عدم استقرار خطوطها الجذعية العصبية الجنينية. وفي عام 2003 أخرجت شركات ميرلين Merlin Consortium (أعضاؤها المستثمرون من وضعهم المالي المزري بتوظيفها مبلغ 3.6 مليون جنيه إسترليني، كي تعود الشركة RN شركة خاصة مرة أخرى.

ومنذ ذلك الوقت تغلبت الشركة على مشكلات الخطوط الخلوية، وهي تسعى من أجل الحصول على اعتراف قانوني (إما في الولايات المتحدة أو بريطانيا)، لكي تقوم باختبار سريري. هذا وصرح «إيفانس» قائلاً: «كان علينا أن ننفق على أعمال تتم عادة في المختبرات الأكاديمية، ولكن إذا عادت الشركة RN إلينا اليوم لدعمها مرة أخرى.»

هذا ما أهله لإنشاء المؤسسة S.C.F. (مؤسسة الخلايا الجذعية): وهي مؤسسة خيرية صُممت لسد الفجوة بين البحث الأكاديمي ومنتصف مرحلة الاختبارات السريرية. وكما قال «إيفانس»: «فخلال ثلاث سنوات، يجب أن يصبح لدينا من 10 إلى 15 مشروعاً سريرياً أو قريباً من ذلك، وقياساً على معدل الجهد العادي، سينجم عن ذلك نجاحان أو ثلاثة، وعندها سنحظى «باستثمارات خاصة» وستدفق الأموال إلينا.» وأضاف: «إن المؤسسة تشكل حافزاً يدفعنا لتكوين ظاهرة نادرة في موضوع الخلايا الجذعية.»

ويتطلع «إيفانس» لإطلاق المؤسسة والنهوض بها قبيل بداية تدفق الأموال من «اقتراح كاليفورنيا 71» وغيره من مشاريع الخلايا الجذعية الأمريكية التي تمولها الولايات المتحدة، الأمر الذي سيؤدي سريعاً إلى هجرة الباحثين في الخلايا الجذعية من بريطانيا إلى الولايات المتحدة.

وحقيقة أن كاليفورنيا تخصص، مثل غيرها من الولايات، ميزانيات لأبحاث الخلايا الجذعية، تلقى الضوء على عقبة أخرى في طريق التسويق التجاري. ومن الأشياء الاستثنائية فيما يتعلق

سنغافورا للتنمية الاقتصادية SEDB، حيث يقول رئيسه التنفيذي «Y.S. تشو»: «إن إمكانات أبحاث الخلايا الجذعية ضخمة جداً، بحيث لا تسمح لنا بتجاهلها. ولقد أدركنا أننا بحاجة إلى اتباع مقاربة الأمد الطويل في هذا الحقل.» على أن الشركة بيورون كابيتال تقلل من المخاطر المتوقعة بالاستثمار في شركات في مراحل مختلفة من تطورها، وبمشاروعات بحثية متباينة، ويطرز متنوعة من الأعمال التجارية.

إن توقعات الجمهور بمقدرة الخلايا الجذعية على توفير الشفاء من الأمراض التنكسية degenerative diseases والرضوح trauma اللوخيمة، قادت كثيراً ما يستطيع العلم إنجازها، وذلك بسبب الدعاية التي حظيت بها اختبارات استخدمت فيها الخلايا الجذعية البالغة على نطاق محدود.

وعلى الرغم من وضوح فعالية هذه الخلايا البالغة فإنها لا تجذب المستثمرين. «إن أكثر الناس يتكلمون عن اغتراس الأعضاء الذاتي، مستعملين خلايا أخذت من المرضى ذاتهم. ولكن من وجهة نظر الاستثمار لا مجال لأخذها بعين الاعتبار. ومن الصعب أيضاً على إدارة الغذاء والدواء الأمريكية أن تضبطها، ففي كل مرة تختلف الخلايا عن سابقتها.»

فبينما لا يزال أمامنا الكثير من بذل الجهد، فإن للخلايا الجذعية الجنينية الإمكانيات لأن تنتج وفقاً لمعايير مؤسسة كود مانيوفاكشترينك براكتس⁽¹⁾ Good Manufacturing Practice.

إن أحد المضاربين VCs الذي يمتلك خبرة عميقة فيما يتعلق بصعوبات إنتاج خطوط خلوية جذعية يمكن أن تصبح تجارية، هو السير «C. إيفانس» [مؤسس ورئيس الشركة Merlin Biosciences (ميرلين للعلوم الحيوية) في لندن]. لقد رصدت الشركة ميرلين 250 000 جنيه إسترليني (460 ألف دولار) كراسمال أولي في الشركة (RN)، وذلك عند تأسيسها عام 1997، ثم اتبعتها بخمسة ملايين جنيه إسترليني بعد سنة. وقد تم إشهار الشركة في الشهر 2000/11، وجمعت 19.5 مليون جنيه إسترليني، وأصبحت الشركة الأوروبية الوحيدة التي يعتقد بها فيما يتعلق بالخلايا الجذعية.

ولكن الشركة RN اضطربت

«تتطلب الأعمال التجارية مزيداً من الحنكة كي تتمكن من التحكم في الأخطار، إذ إنك لا تدعم في هذه الحالة شركة علمية تقليدية لا تمتلك سوى منتج واحد.»
<B. كير>



يطالب <J. ويلموت> (مستنسخ النعجة دولي) بتجاوز ما هو مثير للجدل وبالتركيز على ما هو مفيد في نهاية المطاف.

وثمة حاجة ملحة إلى إجراء نقاش واسع حول ما نعتبره صفات بشرية حاسمة، كما جرى نقاش مشابه بالنسبة إلى نهاية الحياة، عندما اتخذ أول قرار بأخذ أعضاء من ضحايا الحوادث الذين أصيبوا بالموت الدماغي وبقيت لديهم أعضاء حية. إن إمكانية الحصول على فوائد من الخلايا الجذعية يجب أن تبعث التفاؤل الذي يحد منه اعترافنا الصريح بأنه مازال علينا أن نتعلم الكثير الكثير عن الخلايا الجذعية الجنينية. ولكن مما يؤسف له أن الوقت اللازم لتطوير المعالجات السريرية سيكون أطول مما يقبله عادة أصحاب المشاريع الاستثمارية، ويبدو من المرجح أن تكون هناك حاجة إلى إقامة شراكة بين مصادر التمويل الحكومي ورأس المال الخاص.

إن جميع الذين يعرفون أو يهتمون بشخص مصاب بمرض وراثي أو تنكسي، يدركون بصورة جيدة، الحاجة الملحة إلى علاج جديد. ويجب أن يستثيرنا وجود تلك الفرصة عوضاً عن أن تخيفنا.

The Search for Cells That Heal (١)

(١) amyotrophic lateral sclerosis مرض عصبي يصيب العصبونات الحركية للأطراف العلوية والسفلية بين سن 40 و 70، ويحدث تنكساً في الدماغ والحبل الشوكي، ومن أعراضه المبكرة ضعف بدون ألم في اليد والقدم والساعد والساق، وصعوبة في البلع والمشي. (التحرير)

المؤلف

Ian Wilmut

استاذ علم التوالد في جامعة أدنبرا باسكتلندا، وعالم زائر في معهد روزلين

لقد توافرت فرص نادرة لدراسة الأمراض البشرية ومعالجتها عن طريق القدرات المكتسبة لاشتقاق خلايا جذعية من الأجنة البشرية. وبالنظر إلى أن هذه الخلايا تكون جميع النسيج التي تشكل الإنسان البالغ، فإنها توفر فرصة لدراسة التناهي السوي للإنسان في المختبر، ولتعريف الشذوذات المرافقة للأمراض الوراثية، وربما (عاجلاً أم آجلاً) لمعالجة الأمراض التي لا يوجد لكثير منها حالياً علاج فعال. نعتبر ثلاث حالات فقط من بين كثير منها: خلايا مشتقة من خلايا الجنين يمكن استعمالها لإصلاح أذيات النخاع الشوكي. وليس من الواضح بدقة نمط الخلايا التي يجب استعمالها ولا عدد الخلايا اللازمة ولا المكان الذي يجب وضعها فيه. ومع ذلك، فإن المعالجة السريعة قد تؤمن فائدة حقيقية.

وستوضح الخلايا المأخوذة من جنين مستنسخ الألية الجينية التي تسبب الأمراض الوراثية، مثل التصلب الجانبي الضموري (المعروف في بعض البلدان بمرض العصبون الحركي)، مما قد يسمح لنا للمرة الأولى بدراسة سيرورة هذه الأمراض في أدق تفاصيلها. وأهم من ذلك مسح آلاف المركبات، التي قد تفضي إلى إيقاف التنكس أو حتى عكسه.

وفي النهاية، قد يصبح بالإمكان تصحيح الأمراض الوراثية لدى الأطفال. فلو أن طفلاً يفتقر إلى الاستجابة المناعية للعدوى (للخمج)، نظراً لوجود خطأ في إحدى جيناته النوعية، عندئذ يمكن تصحيح الخطأ في خلايا مشتقة من جنين مستنسخ، ويمكن لها أن تتحول عندئذ إلى خلايا نقى العظم، التي تؤمن حينئذ الاستجابة المناعية الغائبة. ويمكن عندئذ إعادة خلايا النقي المصححة إلى الطفل. من الواضح أن نجاح المعالجة بالخلايا الجذعية الجنينية سيتوقف على الأبحاث المفصلة، التي قد تستغرق عدة سنوات، وربما عقوداً كثيرة، حتى يتم نقل هذه الأفكار إلى الممارسة في العيادة السريرية. ومع مرور الزمن، فإن الخلايا الجذعية المشتقة من جنين ستحدث ثورة في كثير من المجالات الطبية، ومع ذلك فإن المجتمع مازال يتردد.

وفي النقاش الدائر حول البحث في الخلايا الجذعية، يواجه الباحثون الكثير من المواضيع الحرجة. فبعض الناس يرون أن فكرة إنتاج الجنين البشري واستعماله هي فكرة غاية في العدائية، ومع هذا يجب الاعتراف بوجهة نظرهم المخلصة هذه. ومع ذلك، فإن قسماً كبيراً من الناس لا يشاركون في هذا الارتياح، فالجنين المبكر الذي اشتقت منه الخلايا الجذعية هو كرة من الخلايا، يقل حجمها عن حبة رمل. ومع أن لهذه الكرة إمكانية أن تصبح شخصاً، لكن تنقصه الصفات البشرية الأساسية ليكون مدركاً وواعياً.

